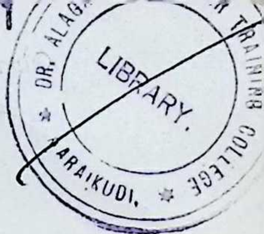
பரீஸ் லேவின்



பூமியும் கிரகங்களும் எப்படி தோன்றின?





முன்னேற்றப் பதிப்பகம்
மாஸ்கோ

மொழிபெயர்ப்பாளர்: எஸ். தோதாத்ரி
பதிப்பாசிரியர்: ரா. கிருஷ்ணையா



Б. Ю. ЛЕВИН
ПРОИСХОЖДЕНИЕ ЗЕМЛИ И ПЛАНЕТ
На тамильском языке

பொருளடக்கம்

முன்னுரை

விண்கோளியல் [cosmogony] என்பது விண்கோள்களின் தோற்றம், பரிணும வளர்ச்சி ஆகியவை பற்றிக் கூறும் விஞ்ஞானம். இயற்கை விஞ்ஞானத்திற்கு இவ்வியல் மிக முக்கியமானது.

மனிதன் தான் வாழும் விண்கோளான பூமி எவ்வாறு தோன்றியது, வளர்ச்சியுற்றது என்று அறிந்து கொள்ள பண்டைக்காலம் முதலாகவே விரும்பினுன். இப்பிரச்சினை மிகுந்த நடைமுறை முக்கியத்துவம் வாய்ந்ததாகும். புவிபௌதிகவியல் [geophysics], புவி-இரசாயனவியல் [geochemistry], புவியியல் [geology] இவற்றிற்குரிய அடிப் படைப் பிரச்சினைகளில் இதுவும் ஒன்ருகும். பூமி எவ்வாறு தோன்றியது என்பதை அறிந்து கொள்ளாமல், அதனுடைய பரிணும வளர்ச்சியை நாம் புரிந்து கொள்ள முடியாது; ஆகவே அதன் உள்ளமைப்பையும் அதனுள் நடைபெறும் நிகழ்ச்சிப்போக்குகளையும் பற்றி நாம் பிழை யற்ற பார்வை பெற முடியாது. சரியான பொருள்

முதல்வாத [materialist] உலகக் கண்ணோட்டத்தின் விளக்கத்திற்கு விண்கோளியல் மிகவும் அவசியமானது.

பூமி தனித்து நிற்கும் விண்கோள் அல்ல. அது சூரிய மண்டலத்தின் கிரகங்களில் ஒன்று. ஒத்த தன்மையுடைய சடப்பொருள் ஊடகத்தின் வளர்ச்சிப்போக்கின் போது கிரகங்கள் ஒருங்கே உருவாயின என்பதைக் கிரக மண்டலக் கட்டமைப்பின் இயல்புகள் பலவும் சுட்டிக்காட்டுகின்றன. இந்த இயல்புகள் பூமியும் மற்ற கிரகங்களும் எவ்வாறு தோன்றின என்ற பிரச்சினைக்குத் தீர்வு காண்பதற்கான வழிகாட்டிகளாக இருக்கின்றன.

பூமி தோன்றியதுபற்றி மட்டுமல்லாமல் மிகப் பல விண்கோள்களாலான ஒரு முழு அமைப்பு தோன்றியது பற்றியும் ஆராயும் ஆய்வாளர், பன்மடங்கு விரிவான விவரங்களைப் பரிசீலனை செய்ய வேண்டியதாகிறது. இயல்பாகவே இது அவருடைய வேலையைச் சிக்கலாக்குகிறது. ஆனால் இவ்வழியில்தான், அவர் பூமி, கிரகங்கள் ஆகியவற்றின் மெய்யான பரிணாம வளர்ச்சியை விளக்கிக்காட்ட முடியும்.

ஆய்வாளர் முதலில் பூமி, கிரகங்கள், நுண்கிரகங்கள் [asteroids], வால்நட்சத்திரங்கள் [comets], விண்கற்கள் [meteorites], இவற்றின் கட்டமைப்பைப் பற்றிய ஏராளமான உண்மைகளை ஒழுங்குபடுத்த வேண்டும். இத்துடன் சூரிய மண்டலம் அனைத்தின் கட்டமைப்பு பற்றிய உண்மைகளையும் ஒழுங்குபடுத்த வேண்டும். அவர் இவற்றிலிருந்து பிரதான உண்மைகளைத் தேர்ந்தெடுக்க வேண்டும்; அவற்றைப் பகுத்தாராய்ந்து, தற்போது பூமியும் சூரிய மண்டலத்தின் பிற கோள்களுமாய் அமைந்துள்ள சடப்பொருளின் ஆதிநிலை என்ன என்பதைப் பொதுப் படையாகத் தீர்மானித்து நிலைநாட்ட வேண்டும். இது,

அப்பொருள் வளர்ச்சியுற்று உருவான முறையைப் பகுத்தாராய்வதற்கும், இந்தப் பகுத்தாராய்வின் முடிவுகளைத் தற்போதுள்ள சூரிய மண்டலத்தின் இதுகாறும் பரிசோதிக்கப்படாத ஏனைய இயல்புகளோடு ஒப்பிடுவதன் மூலம், அப்பொருளின் முந்திய நிலையையும் அந்நிலையிலிருந்து அது கண்ட பரிணும வளர்ச்சியையும் துலக்கமாக வரையறுப்பதற்கும் அவருக்குத் துணை புரியும்.

இவ்விதமாக, ஆராய்ச்சியாளர் மேலும் மேலும் கூடுதலான உண்மை விவரங்களை ஆராய்ந்தாக வேண்டும்; தற்போது காணக்கூடிய இயல்புகளைப் பற்றிய பகுத்தாராய்விலிருந்தும், அவை எவ்வாறு தோன்றின என்பது பற்றிய ஊகங்களிலிருந்தும் அவர் சூரிய மண்டலப் பொருளின் அனுமான ஆதிநிலையினது பரிணுமத்தின் வளர்ச்சிப் போக்குகளுடைய பகுத்தாராய்வில் மீண்டும் மீண்டும் இறங்கி, தவருன கருத்துக்களைக் கைவிட்டும் சரியான கருத்துக்களை மேலும் தெளிவுபடுத்தியும் சென்றுக வேண்டும். இம்முறையிலேதான் ஆராய்ச்சியாளர் பூமி, கிரகங்கள் இவற்றின் தோற்றத்தையும் பரிணும வளர்ச்சியையும் பற்றிய சரியான தத்துவத்தை நோக்கி முன்னேற முடியும்.

ஆராய்ச்சியாளர் விமர்சனக் கண் கொண்டு உண்மை விவரங்களைப் பகுத்தாராய வேண்டும். ஏனெனில் நேரடியான உற்றுநோக்குதல் மூலமாகவும், அளவீடுகள் மூலமாகவும் பூமி, சூரிய மண்டலத்தின் ஏனைய கோள்கள் இவற்றின் கட்டமைப்பு குறித்து சொற்ப அளவு தகவல்களே கிடைத்திருக்கின்றன. கிடைத்திருக்கும் விவரங்களுக்கு விளக்கம் கூறியும், இவ்விவரங்களைப் பொதுமைப்படுத்தியும் பல முடிவுகள் செய்யப்பட்டன. மறுக்க முடியாத விஞ்ஞான விதிகளும் முடிவுகளும் பிரயோகிக்கப்

பட்டதுடன்கூடவே துணை அனுமானங்களும் செய்யப்பட்டன. ஆராயப்பட்ட கோள்கள் உருவான காலத்தில் நடந்தேறிய நிகழ்ச்சிப்போக்குகளைப் பற்றி ஊகங்கள் செய்யப்பட்டு, அவை பரீட்சார்த்தமாய் அனுசரிக்கப்படலாயின. பல வருடங்களுக்குப் பிறகு இவ்விவரங்களின் பரீட்சார்த்தத் தன்மை மறக்கப்பட்டு, வெளிப்படையான உண்மைகளாக அவை கருதப்படலாயின. உதாரணமாய்ப் பதினைந்து அல்லது இருபது வருடங்களுக்குமுன், பூமிக்கு இரும்பு உட்கரு உண்டென்ற கருத்து மறுக்க முடியாத உண்மையாகக் கொள்ளப்பட்டு வந்தது. ஆயினும் இது கருதுகோளேயன்றி வேறில்லை. பூமி அதன் ஆரம்ப நிலையில் ''நெருப்பு-திரவ'' நிலையில் இருந்ததென்ற ஊகத்துடன் இணைந்த கருதுகோளே ஆகும் இது.

கிரக மண்டல விண்கோளியல் ஆராய்ச்சியில் ஈடுபட்டுள்ள ஒருவரிடமிருந்து பூமி, கிரகங்கள், ஏனைய கோள்கள் இவற்றைப் பற்றிய எல்லா விவரங்களுக்கும் விளக்கத்தை எதிர்பார்ப்பது தவறு. இவ்விவரங்களுள் குறிப்பிட்ட ஒரு கோள் அல்லது அதன் ஒரு பகுதியின் பரிணும வளர்ச்சிக்குரிய தனி இயல்புகளைப் பற்றியனவும் உண்டு. முக்கியமான உண்மைகளை விளக்குகையில், தத்துவமானது செயற்கைக் கருதுகோள்களைக் கைக்கொள்ளக் கூடாது; அல்லது விஞ்ஞானிகளால் இன்னமும் கண்டு பிடிக்கப்படாத இயற்கை விதிகளைக் குறிப்பிடக் கூடாது. முக்கிய விவரங்கள் சம்பந்தமாய் எழும் முரண்பாடுகள் ஆராய்ச்சியாளர் தமது கவனத்தைக் கவர்ந்த தனிப்பட்ட உண்மைகளின் வரம்புக்குள் தம்மை அடைத்துக் கொண்டதன் மூலம் தவருன வழியில் சென்றுவிட்டார் என்பதைக் காட்டும். இதன் விளைவாக, அவர்

பரிணும வளர்ச்சியின் உண்மையான நிகழ்ச்சிப்போக்கை விளக்குவதற்குப் பதிலாய், பொதுவில் பார்க்குமிடத்து சாத்தியமானதேயாயினும், மேற்கூறிய முரண்பாடுகளைக் கொண்டு பார்க்கையில் இச்சந்தர்ப்பத்தில் சிறிதும் பொருந்தாத ஒரு நிகழ்ச்சிப்போக்கை எடுத்துரைத்தார்.

சூரிய மண்டல அமைப்பின் அடிப்படை இயல்புகளையும் பூமியின், ஏனைய சூரிய மண்டலக் கோள்களின் கட்டமைப்பையும் பரிணும வளர்ச்சியையும் ஒரே பார்வை நிலையிலிருந்து விளக்கித் தெளிவுபடுத்துவதே கிரக விண்கோளியல் விஞ்ஞானியின் குறிக்கோள். சோவியத் விஞ்ஞானம் இந்தக் குறிக்கோளை நோக்கி வெற்றிகரமாக முன்னேறிக் கொண்டிருக்கிறது. புகழ்பெற்ற சோவியத் விஞ்ஞானியும் வடதுருவ ஆராய்ச்சியாளருமான பேரவை விஞ்ஞானி ஒட்டோ ஷ்மித்தும்* (1892-1956) அவர் இறக்கும் வரை தலைமை தாங்கிவந்த விஞ்ஞானக் குழுவினரும் மேற்கொண்ட முயற்சிகளின் விளைவாய், அண்மை ஆண்டுகளில், பூமியும் கிரகங்களும் எப்படி உருவாயின என்பது பற்றிய தத்துவத்துக்கான அடித்தளங்கள் நிறுவப்பட்டன. இந்தத் தத்துவமும், இதனுடன் நெருங்கப் பிணைந்த பூமியின் உள்ளமைப்பு, அதன் பரிணும வளர்ச்சியைப் பற்றிய பிரச்சினைகளும்தான் இப்புத்தகத்தின் உள்ளடக்கமாகும். ஒட்டோ ஷ்மித் பங்கு கொள்ளாமலே பெறப்பட்ட புதிய விளைவுகள் ஒவ்வோராண்டும் இந்தத் தத்துவத்தில் சேர்க்கப்பட்டு வருகின்றன. ஆயினும் இதை நாம் ஒட்டோ ஷ்மித்தின் தத்துவம் என்றே தொடர்ந்து

---

* ஒட்டோ ஷ்மித், **பூமியின் தோற்றம் பற்றிய தத்துவம். நான்கு பேருரைகள்** [Otto Schmidt, *A Theory of Earth's Origin. Four Lectures*] என்ற நூலைப் பார்க்கவும்.

குறிப்பிடுவோம். ஓட்டோ ஷ்மித் முன்வைத்த இரண்டு அடிப்படைக் கருத்துக்கள் — குளிர்ந்த திடத் துகள் களின் திரட்சியாலேயே பூமி உருவாயிற்று என்பதும் தொடக்கத்தில் அது ஒப்புநோக்கில் குளிர்நிலையிலேயே இருந்தது என்பதும்—முன்போன்றே நிலைத்திருக்கின்றன.

1. சூரிய மண்டலத்தின் கட்டமைப்பு

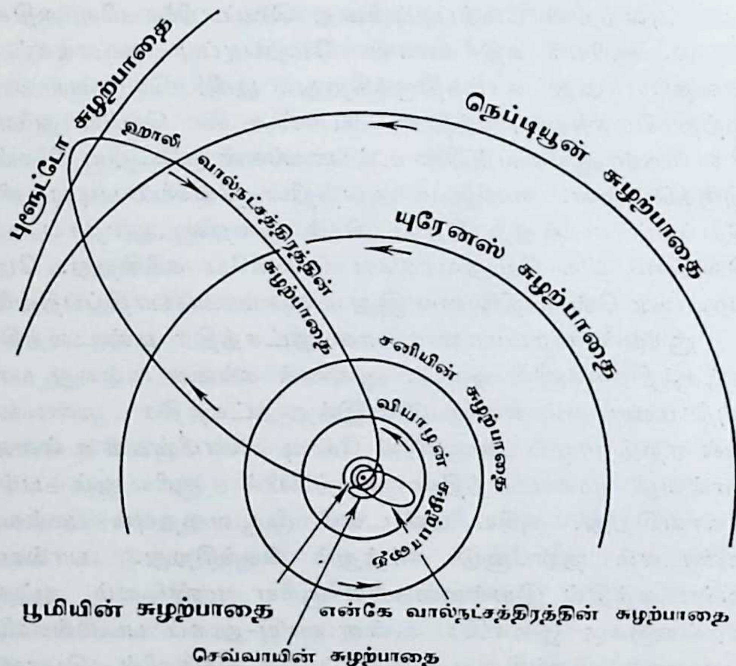
சூரிய மண்டலத்தின் மையக் கோளான சூரியனைச் சுற்றி ஏராளமான துணைக்கோள்கள் சுழலுகின்றன. இவை சூரியனோடு ஒப்பிடும் பொழுது மிகச் சிறியவை. ஆனல் இவற்றில் சில, பௌமிய அளவுகளின்படி மிகப் பெரிய வை. இத்துணைக்கோள்களில் மிகப் பெரியனவற்றைச் சேர்ந்தவையே நமது பூமி அடங்கலான 9 கிரகங்கள். இவை தவிர ஆயிரக்கணக்கான நுண்கிரகங்களும், பத்து லட்சக் கணக்கான வால்நட்சத்திரங்களும், பெருந் திர ளான சிறிய கோளங்களும், துகள்களும் உள்ளன. சூரிய மண்டலத்திலுள்ள பிற கோள்கள் அனைத்தினதும் மொத்த நிறையைக் [mass] காட்டிலும் சூரியனது நிறை சுமார் ஆயிரம் மடங்கு அதிகம். இதுவே சூரியனுடைய மைய நிலைக்குக் காரணம். சூரியனது ஈர்ப்பு [attraction] கிரகங்களும் மற்றக் கோள்களும் சிதறிவிடாமல் தடுத்து வைத்திருக்கிறது. சூரியனைச் சுற்றி அவற்றின் இயக்கத் தைக் கட்டுப்படுத்தும் பிரதான சக்தி இந்த ஈர்ப்பே. இந்த விதிக்கு விலக்கானவை கிரகங்களின் துணைக்கோள்கள். இவற்றுக்குப் பிரதான சக்தியாக விளங்குவது இவற்றின் ''சொந்த'' கிரகங்களுடைய ஈர்ப்புதான்.

சூரிய மண்டலத்தின் மையக் கோளான சூரியன் ஒரு

நட்சத்திரம், அதாவது வெண்சூடான வாயுக் கோளம். மேற்பரப்பிலிருந்து பேரளவில் கதிர் வீச்சு நிகழ்ந்து கொண்டிருப்பினும் உட்பாகங்களில் அணு ஆற்றல் இடையறாது வெளிப்பட்டுக் கொண்டிருக்கும் காரணத் தால் பெருத்த வெப்பத்தை அது நிலையாக வைத்துக் கொண்டிருக்கிறது. சூரிய மண்டலத்தில் உள்ள மற்றக் கோள்கள் சூரியன் போல் அன்றிக் குளிர்ந்தவை. அதா வது அவற்றின் மேற்பரப்பினது வெப்பநிலை மிக அதிகம் அல்ல. சூரியக் கதிர்களால் மேற்பரப்பு சூடாக்கப்படு வதையே அது சார்ந்திருக்கிறது. பூமி, பெரும்பாலான மற்ற கிரகங்கள், சந்திரன் போன்ற சில பெரிய துணைக் கோள்கள் ஆகியவற்றின் உட்பாகங்கள் சூடேறிய நிலையில் இருக்கின்றன. எனினும் அவற்றின் வெளிப் படிவுகளின் வெப்பம் கடத்துத் திறன் மிகக் குறைவு ஆனதால் உள் வெப்பம் மிக மெதுவாகவே வெளியே கசிகிறது. மேற் பரப்பின் வெப்பநிலையை இது கணிசமாகப் பாதிப்பதில்லை.

சூரியன் பிரம்மாண்டமான நட்சத்திர மண்டலத்தின் நட்சத்திரங்களில் ஒன்று. ஆகாசக் கங்கை அல்லது பால் வழி மண்டலம் எனப்படும் இந்த நட்சத்திர மண்டலத் தில் ஏறத்தாழப் பதினாயிரம் கோடி விண்மீன்கள் உள்ளன. பால்வழி மண்டலத்தின் சுழற்சியில் சூரியனும் பங்கு கொள்கிறது. சூரிய மண்டலம் முழுவதையும் பால்வழி மண்டலம் தன்னோடு ஈர்த்துச் செல்கிறது. பால்வழி மண்டலத்தில் இயங்குகையில் சூரிய மண்டலம் நட்சத் திரங்களுக்கு இடையே உள்ள வாயு-தூசுப் படலங்களின் ஊடாகச் செல்கிறது. இந்தப் படலங்களில் பொருள் பெருமளவுக்கு அடர்த்தி குறைந்ததாகும். ஆகவே சூரிய மண்டலம் இம்மாதிரிப் படலத்தில் மூழ்குவது சூரிய

கிரணங்கள் ஒரு சிறிது உட்கொள்ளவும் சிதறடிக்கவும் படுவதனால் மட்டுமே புலப்படக் கூடும். எனவேதான், சூரிய மண்டலம் தான் நிலவிவரும் காலத்தில் நட்சத்திரங்களுக்கு இடையில் உள்ள படலங்களைப் பல முறை எதிர்ப்பட்டிருக்க வேண்டுமாயினும், பூமியின் கடந்த கால வரலாற்றில் இந்தப் பாதிப்பின் சுவடுகள் இன்னும் நிலைநாட்டப்படவில்லை.



படம் 1. சூரிய மண்டலத்தின் படம். புதன், வெள்ளிக் கிரகங்களின் சுழற்பாதைகள் காட்டப்படவில்லை

சூரியனைச் சுற்றும் கிரகங்களுடைய இயக்கம் பல விதிகளுக்கு உட்பட்டுள்ளது.

முதலாவதாக, கிரகங்களின் சுழற்பாதைகள் எல்லாம் ஏறக்குறைய வட்ட வடிவமானவை, சிறிதளவே நெடிய நீள்வட்ட வடிவமுள்ளவை (படம் 1). இருப்பினும் சூரிய மண்டலத்திலும் நட்சத்திர மண்டலத்திலும் மிக நெடிய சுழற்பாதைகளில் செல்லும் விண்கோள்களுக்கு எண்ணற்ற எடுத்துக்காட்டுகள் உண்டென்பதை இங்கு குறிப்பிடலாம் (உதாரணம்: வால்நட்சத்திரங்கள்).



படம் 2. அண்டவெளியில் சூரிய மண்டலம்

இரண்டாவதாக, சூரியனைச் சுற்றிவரும் கிரகங்களது சுழற்பாதைகள் ஒன்றிற்கொன்று மிகச் சொற்ப அளவே சாய்வானவை. இதனால் கிரக மண்டலம் மிகவும் தட்டையான அமைப்பாக உள்ளது (படம் 2).

மூன்றாவதாக, சிறியதும் பெரியதுமான எல்லாக் கிரகங்களும் விதிவிலக்கின்றி ஒரே திசையில்தான் சூரியனைச் சுற்றுகின்றன. பூமியின் வட துருவத்திற்குமேல் மிகுந்த உயரத்திலிருந்து சூரிய மண்டலத்தைக் கவனித்தால் கிரகங்கள் இடஞ்சுழியாக நகர்கின்றன என்று காணலாம். கிரகங்களும் (யுரேனஸைத்* தவிர) சூரியனும் இதே திசையில்தான் — அதாவது இடஞ்சுழியாகத்தான் — தத்தமது அச்சை மையமாகக் கொண்டு தம்மைத் தாமே சுற்றிக் கொள்கின்றன. மேலும், கிரகங்களின் துணைக் கோள்களில் [satellites] மிகப் பெருவாரியானவை இவ்வாறே இடஞ்சுழியாகவே அவற்றின் மூல கிரகங்களைச் சுற்றிவருகின்றன.

கிரகங்களின் சுழற்பாதைகள் வட்ட வடிவமாய் இருப்பதால் கிரகங்கள் ஒன்றையொன்று நெருங்குவதற்கு வாய்ப்பே இருக்க முடியாது. இவ்வாறு நெருங்கி வர முடிந்திருந்தால் பரஸ்பர ஈர்ப்பு காரணமாய்க் கிரகங்கள் தங்கள் இயக்கத்தைக் கணிசமாக மாற்றிக் கொள்ள

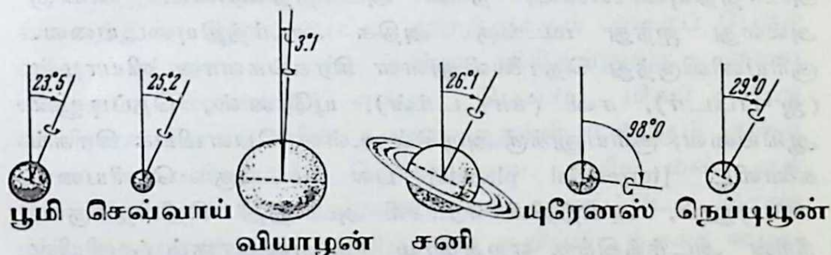
---

* யுரேனஸ் ''பக்கவாட்டில் படுத்திருப்பது'' போலத் தோன்றும்படிச் சுற்றுகிறது. அதன் சுழற்சியின் அச்சு, அதன் சுழற்பாதையின் தளத்துக்கு 8°தான் சாய்வாக உள்ளது. எனவே அதன் வட துருவம் சுழற்பாதையின் தளத்திற்கு வரையப்படும் செங்குத்துக் கோட்டிலிருந்து 98° சாய்ந்துள்ளது (படம் 3). இந்தக் கோணம் 90°க்கு மேல் இருப்பதால், யுரேனஸ் எதிர்ச்சுழிச் சுழற்சி உள்ளதாகக் கருதப்படுகிறது.

இயன்றிருக்கும். இப்போதோ, மிகப் பெரும் தொலேவி லிருந்து செயல்படும் கிரகங்களின் பரஸ்பர ஈர்ப்பு காரணமாக, சூரியனது ஈர்ப்பு மட்டும் செயல்பட்டிருந்தால் ஏற்பட்டிருக்கும் இயக்கத்திலிருந்து கிரகங்கள் ஒரு சிறிதே விலகுகின்றன. இந்த விலக்கங்களின் (வானியலாளர்கள் இவற்றைத் தடுமாற்றங்கள் என்று குறிக்கிருர்கள்) முக்கியப் பகுதி திட்டமான இடைக் காலம் விட்டு மீண்டும் மீண்டும் நிகழும் தன்மை கொண்டது. கிரகங்களுடைய சுழற்பாதைகளின் அளவுகளிலும் வடிவங்களிலும் சாய்மானங்களிலும் மாறுதல்கள் மிக மிகக் குறுகிய எல்லேகளுக்கு உள்ளேயே இதனுல் ஏற்படுகின்றன.

நட்சத்திரங்களுக்கு இடையில் உள்ள தூரங்களுடன் ஒப்பிடுகையில் சூரிய மண்டலத்தின் கிரகப் பகுதியின் அளவுகள் மிகவும் சிறியவை. எனவே சூரியனேத் தவிர மற்ற நட்சத்திரங்களின் ஈர்ப்பு சக்தி கிரகங்களின் இயக்கத்தை உண்மையில் பாதிப்பதே இல்லே.

இவ்வாருக, கிரகங்களுடைய இயக்கத்தின் பொதுத்



படம் 3. அந்தந்தக் கிரகத்தின் சுழற்சியினுடைய அச்சுக்கும் அக்கிரகத்தின் சுழற்பாதையினது தளத்துக்குமுள்ள சாய்மானம்

தன்மையை உள் சக்திகளோ வெளிச் சக்திகளோ பாதிப்பதில்லை. எனவே, கிரகங்களுக்கும் துணைக்கோள்களுக்கும் உரிய, மேலே குறிப்பிடப்பட்டுள்ள விதிகள் சூரிய மண்டலம் தோன்றிய காலந்தொட்டு நம் காலம் வரை மாறுமல் நிலைத்திருக்கின்றன என்பதில் சந்தேகமில்லை.

இவ்வித விதிகள், கிரக மண்டலமானது, ஒவ்வொன்றும் வெவ்வேறு வகையில் தோன்றிய விண்கோள்களது தற்செயலாய் உதித்த ஒரு கதம்பக் கூட்டமல்ல, ஒருங்கே தோன்றிய கிரகங்களாலான ஒரே குடும்பமாகும் என்பதைக் காட்டுகின்றன.

சூரிய மண்டலத்தில் கிரகங்களின் இருப்பிடத்திற்கும் அவற்றின் பௌதிகப் பண்பிற்கும் உள்ள தொடர்பும் இதை மெய்ப்பிக்கிறது.

சூரியனுக்கு அண்மையிலுள்ள புதன் (மெர்குரி), வெள்ளி (வீனஸ்), பூமி, செவ்வாய் (மார்ஸ்) ஆகிய நான்கு கிரகங்களும் ஒப்பளவில் சிறியவை (இவற்றுள் பூமியே பெரியது). ஆனுல் இவை ஓரளவு அதிகமான அடர்த்தியுடையவை; நீரின் அடர்த்தியைவிட நான்கு அல்லது ஐந்து மடங்கு அதிக அடர்த்தியுடையவை. சூரியனிலிருந்து தொலைவிலுள்ள கிரகங்களான வியாழன் (ஜுப்பிடர்), சனி (சாட்டர்ன்), யுரேனஸ், நெப்டியூன் ஆகியவை, சூரியனுக்கு அருகில் உள்ள பௌமியக் கிரகங்களைவிட [terrestrial planets] பல மடங்கு பெரியவை என்ருலும், அவற்றின் சராசரி அடர்த்தி சிறியதாகும், நீரின் அடர்த்திக்கு ஏறத்தாழ சமமானதாகும் (சனியின் அடர்த்தி இன்னுங்கூட குறைவானது).

பௌமியக் கிரகங்களைவிட, பிரம்மாண்டமான கிரகங்களின் உள்ளே பொருள் இறுக்கம் மிக அதிகம். இருந்த

போதிலும், அவற்றின் அடர்த்தி பௌமியக் கிரகங்களுடையதைக் காட்டிலும் குறைவானது. இதனுல் அவை எடை குறைந்த வேருெரு வகைப்பட்ட பொருளால் ஆனவை என்பது தெளிவாகிறது.

பிரம்மாண்டமான கிரகங்களுக்கு அப்பால் மற்ருெரு சிறிய கிரகமான புளூட்டோ உள்ளது. இது 1930ல் கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. இது மிக அதிக தூரத்தில் இருப்பதனுல், இதனுடைய அளவீடுகளையும் நிறையையும் பற்றி நமக்குத் திட்டவட்டமான விவரங்கள் இல்லை.

கிரகங்களையும் அவற்றின் சுழற்பாதைகளையும் பற்றிய முக்கிய விவரங்கள் அட்டவணை 1ல் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன (18-21ஆம் பக்கங்கள் பார்க்க).

கிரகங்களின் தூரம் சூரியனிடமிருந்து அதிகமாக அதிகமாக, அடுத்தடுத்த கிரகங்களது சுழற்பாதைகளுக்கு இடைப்பட்ட தூரமும் அதிகரிக்கிறது என்பதை இந்த அட்டவணையிலும் படம் 1லும் காணலாம். இதுவும் கிரக மண்டலத்தின் கட்டமைப்புக்குரிய விதிகளில் ஒன்ருகும்.

கூம்புவெட்டின் [conic] குவியத்திலிருந்து [focus] மையத்துக்கு இடைப்பட்ட தூரத்துக்கும் அரைப் பேரச்சுக்கும் [major semiaxis] உள்ள விகிதத்துக்கு மைய விலக்கம் [eccentricity] என்று பெயர். மிகப் பெருவாரியான கிரகங்களின் சுழற்பாதைகள் 0.1க்கும் குறைவான மையவிலக்கமே கொண்டவை. சூரிய மண்டலத்தின் விளிம்புக் கிரகங்களான புதன், புளூட்டோ இரண்டின் சுழற்பாதைகள் மட்டும்தான் குறிப்பிடத்தக்க மைய விலக்கம் கொண்டுள்ளன.

கிரகங்களுடைய சுழற்பாதைகளின் சாய்மானங்களையும் [inclinations] இந்த அட்டவணையில் காணலாம்.

கிரகங்கள், அவற்றின் சுழற்பா

கிரகத்தின் பெயர்	சூரியனிடமிருந்து சராசரி தூரம் (வா.அ.*)	சுழற்பாதையின் மைய விலக்கம்	மத்திய தளத்திற்கு சுழற்பாதையின் சாய்மானம்	கிரகத்தின்	
				சூரியனின் நிறை-1	
புதன்	0.39	0.206	6.3	$\frac{1}{6025000}$	
வெள்ளி	0.72	0.007	2.2	$\frac{1}{408500}$	
பூமி	1.00	0.017	1.6	$\frac{1}{332960}$	
செவ்வாய்	1.52	0.093	1.7	$\frac{1}{3039000}$	

* வா. அ. — வானியல் அலகு [astronomical unit] — 14 கோடி 95 லட்சம் கிலோமீட்டர்கள்

தைகள் பற்றிய விவரங்கள்

நிறை		கிரகத்தின் ஆரம் (பூமியின் ஆரம்-1)	அடர்த்தி கிராம் சென்டிமீட்டரில்	அச்சுவழிச் சுழற்சி	துணைக்கோள்களின் எண்ணிக்கை
	பூமியின் நிறை-1				
	0.055	*0.38*	*5.40*	*58.7* நாட்கள்	*0*
	0.815	*0.95*	*5.25*	*24.3* நாட்கள்	*0*
	1.000	*1.00*	*5.518*	*23* ம. *56* நி. *4* செ.	*1*
	0.107	*0.53*	*3.95*	*24* ம. *37* நி. *23* செ.	*2*

பூமியிலிருந்து சூரியனுக்கு உள்ள சராசரி தூரம், அதாவது

கிரகத்தின் பெயர்	சூரியனிடமிருந்து சராசரி தூரம் (வா. அ.)	சுற்றுப்பாதையின் மைய விலக்கம்	மத்திய தளத்திற்கு சுற்றுப்பாதையின் சாய்மானம்	கிரகத்தின்	
				சூரியனின் நிறை-1	
வியாழன்	5.20	0.048	0.3	$\frac{1}{1047.6}$	
சனி	9.54	0.056	0.9	$\frac{1}{3499}$	
யுரேனஸ்	19.19	0.047	1.0	$\frac{1}{22800}$	
நெப்டியூன்	30.07	0.009	0.8	$\frac{1}{19280}$	
புளூட்டோ	39.52	0.247	15.7	?	

நிறை பூமியின் நிறை-1	கிரகத்தின் ஆரம் (பூமியின் ஆரம்-1)	அடர்த்தி கிராம் சென்டிமீட்டரில்	அச்சுவழிச் சுழற்சி	துணைக்கோள்களின் எண்ணிக்கை
317.83	*10.94*	*1.34*	*9 ம. 50 நி.* இலிருந்து *9 ம. 56 நி.* வரை	*12*
95.17	*9.06*	*0.71*	*10 ம. 14 நி.* இலிருந்து *10 ம. 38 நி.* வரை	*10*
14.59	*3.8*	*1.50*	*10.7 ம.*	*5*
17.27	*3.9*	*1.60*	*15.8 ம.*	*2*
?	*?*	*?*	*6 நாட்கள் (?)*	*0*

வழக்கம்போல் இந்தச் சாய்மானங்கள் பூமியின் சுழற் பாதையின் தளத்திற்குக் காட்டப்படாமல், கிரக மண் டலம் முழுவதுக்குமான பிரதான தளத்திற்குக் காட்டப் பட்டிருக்கின்றன. இந்தப் பிரதான தளம், பிற்பாடு நாம் காணப்போவது போல், கிரக மண்டலம் தோன்று வதற்கு ஆதாரமாயிருந்த விரவிப் பரந்த பொருளாலான படலத்தின் மையத் (மத்திய ரேகை) தளத்தைக் குறிப் பிடுவதாகும். பெரும் பகுதி கிரகங்களது சுழற்பாதைகள் சொற்ப அளவுச் சாய்மானமே கொண்டவை. திரும்பவும் விளிம்புக்கிரகங்களான புதன், புளூட்டோ இவை இரண்டின் சுழற்பாதைகள்தான் அதிகபட்ச சாய்மானமுடையவை.

பரிமாணத்திலும் நிறையிலும் கிரகங்கள் சூரியனைக் காட்டிலும் மிக மிகச் சிறியவை என்பதை முன்பே கூறி னோம் (பார்க்கவும்: படம் 4, அட்டவணை 1). எல்லாக் கிரகங்களது மொத்த நிறையும் சூரியனது நிறையில் 1/745தான் ஆகும். இவ்வாறாகச் சூரிய மண்டலத்தில் நமக்குத் தெரிந்த எல்லாக் கோள்களின் மொத்த நிறை யில் 99.87 சதவீதம் சூரியனில் குவிந்திருக்கிறது. எல்லாக் கோள்களின் நிறை என்று நாம் கூற முடிவதன் காரணம் என்னவெனில் நுண்கிரகங்கள், வால்நட்சத்திரங்கள் இவை ஒவ்வொன்றின் நிறையும் மிகமிகச் சொற்பமாத லால், இவையாவற்றின் மொத்த நிறையுங்கூட பூமியின் நிறையைவிட மிகவும் குறைவானதே ஆகும்.

பௌமியக் கிரகங்கள், பிரம்மாண்டக் கிரகங்கள் இவற்றிற்குள்ள வேறுபாடுகள் இவற்றின் பரிமாணத்திலும் அடர்த்தியிலும் மட்டுமன்றி, இவற்றின் அச்சுவழிச் சுழற் சியின் [axial rotation] வேகத்திலும் இவற்றிற்குள்ள துணைக் கோள்களின் எண்ணிக்கையிலும் வெளிப்படுகின்றன.

புதன், வெள்ளி ஆகிய இரு கிரகங்களும் சூரியனுக்கு மிக அருகில் இருப்பதே அவற்றின் மெதுவான சுழற்சி வேகத்துக்குரிய பெரும்பாலான காரணமென்று கருதி இக்கிரகங்களைக் கவனியாது விட்டாலுங்கூட, வியாழன், சனி போன்ற பிரம்மாண்டக் கிரகங்கள் ஒப்பளவில் சிறியவையான பூமியையும் செவ்வாயையும்விட இரு மடங்கு கூடுதலான வேகத்தில் சுழலுகின்றன என்பதைக் காண்கிறோம். பௌமியக் கிரகங்களுக்குத் துணைக்கோள்கள் இல்லை, அல்லது ஓரிரண்டு மட்டுமேதான் உள்ளன; ஆனால் வியாழனுக்குப் பன்னிரண்டு துணைக்கோள்கள் உள்ளன; சனிக்கு ஒன்பது துணைக்கோள்களைத் தவிர, ஏராளமான நுண் துணைக்கோள்களும் இருக்கின்றன. வெறுங் கண்ணால் பார்க்கையில் இந்த நுண் துணைக்கோள்கள் திடநிலையிலுள்ள வளையமாக அமைந்திருப்பது போல் தெரிகிறது.

கிரகங்களின் கட்டமைப்பும் இயக்கமும் அவை உருவான நிகழ்ச்சிப்போக்கினால் நெறிப்படுத்தப்பட்டிருக்கின்றன. இந்த நிகழ்ச்சிப்போக்கைப் பிழையின்றி அறிந்து கொள்ள வேண்டுமானால், நாம் கிரகங்களின் இயக்கங்களையும் கட்டமைப்புகளையும் பகுத்தாராய்ந்து, ஒரே நோக்குநிலையிலிருந்து பல்வேறு கிரகங்களுக்கும், மற்றும் கிரகங்களுக்கும் சூரிய மண்டலத்தின் ஏனைய கோள்களுக்கும் இடையே உள்ள வேறுபாடுகளுக்கும் ஒற்றுமைகளுக்கும் விளக்கம் தர வேண்டும்.

* * *

சூரிய மண்டலத்தின் கோள்களது பொருள் எப்படி தோன்றியது என்பதை நிர்ணயிப்பதற்கு, தனித்தனி

கோள்களுக்கிடையே கோணக உந்து விசை [angular momentum] வினியோகமாகியுள்ள முறையைப் பரிசீலிப்பது மிகவும் அவசியமாகும்.

இயக்கியலில் [mechanics] பொருளின் நிறையை அதன் வேகத்தால் [velocity] பெருக்கிவரும் (mv) தொகைக்கு உந்து விசை [momentum] என்று பெயர். ஒரு பொருள் ஏதாவதொரு மையத்தைச் சுற்றிக் கொண்டிருக்கும் இயக்கத்திற்குரிய முக்கியப் பண்பு கோணக உந்து விசை ஆகும். அதாவது, பொருளின் நிறையையும் அதன் வேகத்தையும் பெருக்கி வந்த தொகையை அப்பொருளின் சுழற்பாதையின் ஆரத்தால் பெருக்கிவரும் முடிவாகும் (mvR). அப்பாதை சரியான வட்டமாக இல்லாவிட்டால், சுற்றும் ஆரத்துக்குச் செங்குத்தான வேக உறுப்பை எடுத்துக்கொள்ள வேண்டும். தன்னுடைய அச்சில் சுழலும் பொருளாயிருப்பின், வெவ்வேறு புள்ளிகளில் வேகமும் அச்சிலிருந்து உள்ள தூரமும் வெவ்வேருயுள்ளன. இவ்வித சந்தர்ப்பங்களில் அப்பொருளேப் பல சிறு சிறு பகுதிகளாகக் கற்பனையில் பிரித்து ஒவ்வொரு பகுதிக்கும் கோணக உந்து விசையைக் கணக்கிட்டு அவற்றைக் கூட்டிக் கொள்ள வேண்டும்.

வெளிச் சக்திகளது செயற்பாட்டினுல் பாதிக்கப்படாதபடி தனிமைப்படுத்தப்பட்டு, முற்றிலும் உள் சக்திகளின் செயற்பாட்டினுலேயே வளரும் அமைப்புகளுக்குக் கோணக உந்து விசை நிலேப்பு விதி [law of conservation of angular momentum] பொருந்துவதாகும். அதாவது அவ்வமைப்பின் மொத்தக் கோணக உந்து விசை நிலேயாக இருக்கிறது. இது அவ்வமைப்பின் வெவ்வேறு உறுப்புக்களுக்கு மறுவினியோகம் செய்யப்படலாமே

ஒழிய, இதன் மொத்த அளவு மாற முடியாது. ஓர் அமைப்பின் மொத்தக் கோணக உந்து விசைக்கும் அதனிடமுள்ள மொத்த இயக்கு ஆற்றலுக்கும் [mechanical energy] (இயங்கு ஆற்றல், நிலை ஆற்றல் [kinetic and potential energies] இரண்டும் சேர்ந்தது) இடையிருக்கும் அடிப்படை வித்தியாசம் இதில்தான் அடங்கியுள்ளது. தனிமைப்படுத்தப்பட்ட அமைப்புகளிலுங்கூட இயக்கு ஆற்றல் மாறக் கூடும். உதாரணமாய் உராய்வின் விளைவாய் இவ்வாற்றல் வெப்ப ஆற்றலாய் மாற்றப்பட்டுவிடலாம்.

தனது கோணக உந்து விசையின் மொத்தத் தொகையை அதிகரித்திருக்கக் கூடிய வெளிச் சக்திகளுக்குக் கிரக மண்டலம் அதன் வளர்ச்சியின் எந்தக் கட்டத்திலும் உட்படுத்தப்பட்டதில்லை. எனவே கிரகங்கள் உருவான பொழுது, அவை உருவான பொருளிலிருந்து, கோணக உந்து விசையைப் பெற்றன.

ஏற்கனவே குறிப்பிடப்பட்டது போல, கிரகங்களானவை ''முன்கூட்டியே படைக்கப்பெற்றுத் தயாராய் இருந்த'' நிலையில் சூரியனுல் கவரப்பட்டவையல்ல, மாருக அவை முன்னதாகவே சூரியனைச் சுற்றிலுமிருந்த பொருளிலிருந்து சூரியனுக்கு அருகாமையில் ஒருங்கே தோன்றியவை என்பதை கிரகங்களுடைய இயக்கங்களும், அவற்றின் பௌதிக இயல்புகள் சூரியனிடமிருந்து அவற்றுக்குள்ள தொலைவைப் பொறுத்திருப்பதும் நிரூபிக்கின்றன.

சூரியனைச் சுற்றிச் செல்லும் கிரகங்களுக்கு அவற்றின் சுழற்பாதை இயக்கம் காரணமாய்க் கிடைக்கும் கோணக உந்து விசையைப் பற்றி இங்கு கவனிப்போம்.

சூரியனிடமிருந்து தூரம் அதிகரிக்க அதிகரிக்க, கிரகத்தின் சுழற்பாதை இயக்கமும் மெதுவாகிவிடுவது நமக்குத்

தெரிந்ததே. ஆனுல் அதன் வேகத்தில் ஏற்படும் குறைவு $1/\sqrt{R}$ என்னும் விகிதத்தில் இருக்கிறது; அதாவது அதன் வேகம் குறைவது, தூரம் (R) அதிகரிப்பதைவிட மெது வாக நடைபெறுகிறது. இதன் விளைவாக, கிரகத்தின் நிறையில் ஒவ்வொரு அளவைக்குமான கோணக உந்து விசை (ஒப்புக் கோணக உந்து விசை [specific angular momentum]) அக்கிரகத்தின் சுழற்பாதையினுடைய ஆரத் தினது வர்க்க மூலத்தின் விகிதத்தில் அதிகரிக்கிறது ($R: \sqrt{R} = \sqrt{R}$). a அளவுள்ள அரைப் பேரச்சும் e அள வுள்ள மையவிலக்கமும் கொண்ட நீள்வட்ட வடிவான சுழற்பாதை இயக்கத்தின் ஒப்புக் கோணக உந்து விசை $\sqrt{a(1-e^2)}$ என்னும் மதிப்புக்கு நேர் விகிதமாகும்.

அட்டவணை 2ல் கிரகங்களின் சுழற்பாதை இயக்கத் தின் மொத்தக் கோணக உந்து விசைகளும் ஒப்புக் கோணக உந்து விசைகளும் பூமியினுடைய மொத்த, ஒப்புக் கோணக உந்து விசையுடன் ஒப்பிட்டுக் காட்டப் படுகின்றன.

சூரியனின் உள் அடுக்குக்களின் சுழல் வேகம் நமக்குத் தெரியாது. ஆகையினுல் அதனுடைய மொத்தக் கோணக உந்து விசையை நாம் சரியாகக் கணக்கிட முடியாது. நாம் ஏற்றுக்கொண்டுள்ள அளவைகளின்படி அதன் விசை 20க்கு மேல் இருக்காது.

சூரியன், கிரகங்கள் இவற்றின் கோணக உந்து விசை களை ஒப்பிட்டுப் பார்க்கும்போது, மொத்த நிறையில் பெரும் பங்கு சூரியனுடையதாக இருந்தபோதிலும், சூரியனுடைய அச்சுவழிச் சுழற்சி சூரிய மண்டலத்தின்

அட்டவணை 2

கிரகங்களின் மொத்த, ஒப்புக் கோணக உந்து விசைகள்

கிரகத்தின் பெயர்	மொத்தக் கோணக உந்து விசை	ஒப்புக் கோணக உந்து விசை
புதன்	0.03	0.61
வெள்ளி . . .	0.69	0.85
பூமி	1.0	1.00
செவ்வாய் . . .	0.13	1.23
வியாழன் . . .	724	2.28
சனி	293	3.08
யுரேனஸ் . . .	64	4.38
நெப்டியூன் . . .	95	5.48
புளூட்டோ . . .	1	6.09
	1178	

மொத்தக் கோணக உந்து விசையில் 2 சதவிகிதத்திற்கு மேல் உண்டாக்குவதில்லை என்றும், மீதம் உள்ள 98-99 சதவிகிதம் கிரகங்களின் சுழற்பாதை இயக்கத்தில் குவிந் துள்ளது என்றும் தெரிகிறது.

ஒப்புக் கோணக உந்து விசையைப் பொறுத்தவரை சூரியனுக்கும் கிரகங்களுக்கும் இடையே உள்ள வேறு பாடு மிக அதிகமாக இருக்கிறது. நிறையை மனத்தில் கொண்டு கணக்கிடப்பட்ட சராசரி ஒப்புக் கோணக உந்து விசை கிரகங்களுக்கு 2.63 (பூமியின் ஒப்புக் கோணக உந்து விசை 1க்குச் சமம்). சூரியனின் சராசரி ஒப்புக்

கோணக உந்து விசையைக் கணக்கிட அதன் மொத்தக் கோணக உந்து விசையை பூமியின் நிறையைப் போல் சூரியனது நிறையின் மடங்கால் வகுக்க வேண்டும். இந்த விசை அதிகம் போனுல் $\frac{20}{332\,480} = \frac{1}{16\,624}$ தான்; அதாவது சூரியனின் ஒப்புக் கோணக உந்து விசை, கிரகங்களின் விசையைவிட 45,000 மடங்கு குறைவாக உள்ளது.

கடந்த நூற்ருண்டின் அறுபதாம் ஆண்டுகளில் விஞ் ஞானிகள் லாப்லாசின் [Laplace] கருதுகோளை விமர்சித்துப் பகுத்தாராய்ந்து கொண்டிருந்தபோது, சூரியனுக்கும் கிரகங்களுக்கும் இடையே கோணக உந்து விசை வினியோகமாகியுள்ள விதம் அவர்கள் கவனத்தைக் கவர்ந்தது. இது லாப்லாசின் கருதுகோளுக்கும், அதற்கு மாற்ருக வந்த ஏனைய விண்கோளியல் கருதுகோள் களுக்கும் பெரிய முட்டுக்கட்டையாகிவிட்டது.

2. கிரக விண்கோளியலின் வளர்ச்சி

விஞ்ஞானம் என்ற முறையில் விண்கோளியல் 18ஆம் நூற்ருண்டில்தான் தோன்றியது. இந்த நூற்ருண்டின் மத்தியப் பகுதி இயற்கை விஞ்ஞானங்களின் வளர்ச்சியில் முக்கியமானதொரு கட்டமாகும். இக்காலத்தில்தான் இயற்கையின் மாருத் தன்மை பற்றிய பழைய கருத் தோட்டங்கள் மறைந்து, தொடர்ச்சியான பரிணுமம், தொடர்ச்சியான வளர்ச்சி என்பன போன்ற புதிய கருத் தோட்டங்கள் தோன்றிக் கொண்டிருந்தன. ''உலகம் முழு வதிலும் நாம் காணும் தூலப் பொருள்களும், பேரண்டம் பூராவும், இப்பொழுது காணப்படுவதுபோல் ஆரம்பத்தில்

இருந்ததில்லை. பெரிய மாறுதல்கள் அவற்றில் நிகழ்ந்துள்ளன. இதை நாம் மனத்தில் கொள்ள வேண்டும்'' என்று மாபெரும் ருஷ்ய விஞ்ஞானியான மிஹயீல் லொமனோசோவ் [Lomonosov] அப்பொழுது எழுதினர்.

இறுகிக் கெட்டியாகிவிட்ட தவருன பழைய உலகக் கண்ணேட்டத்தை உதறியெறிந்த முதலாவது விஞ்ஞானங்களில் வானியலும் ஒன்று. வளர்ச்சிபற்றிய கருத்து 18ஆம் நூற்ருண்டின் முடிவிலேயே வானியலில் இடம் பெற்றுவிட்டது. இதற்குரிய முழுப் புகழும் லாப்லாசையே சாரும். அவர் பிரம்மாண்டமான வாயு முகிற் படலத்திலிருந்து [nebula] சூரியனும் கிரகங்களும் உருவாயின என்ற கருத்தை 1796லேயே வெளியிட்டார்.

இதற்கு நாற்பது வருடங்களுக்கு முன்னேயே, 1755ல் ஜெர்மானிய தத்துவஞானியான கான்ட் [Kant] தாம் வெளியிட்ட புத்தகம் ஒன்றில், ''சடப்பொருளைக் கொடுங்கள், அதிலிருந்து ஓர் உலகையே எப்படிப் படைக்கலாம் என்பதை நான் காட்டுகிறேன்'' எனத் துணிந்து குறிப்பிட்டிருந்தார். இது பல காலத்துக்குப் பிற்பாடு தான் தெரிய வந்தது. இப்புத்தகத்தில் கான்ட் உலகின் பரிணும வளர்ச்சி பற்றிய பிரச்சினையையும், எல்லா விண்கோள்களும் தோன்றியது பற்றிய அடிப்படை விதிகளையும்பற்றி ஆராய்ந்தார். விரவிப் பரந்த சடப்பொருளிலிருந்து சூரிய மண்டலம் உருவானதென்ற கருதுகோளையும் அதில் விவரித்தார்.

கான்டின் புத்தகம் ஆசிரியர் பெயர் கூறப்படாமலே வெளியிடப்பட்டது. அக்காலத்திய விஞ்ஞானிகள் இப்புத்தகத்தைக் கவனிக்காமல் இருந்தார்கள். 19ஆம் நூற்ருண்டில்தான் அது பலரது கவனத்தையும் கவர

ஆரம்பித்தது. கான்ட், லாப்லாஸ் இவர்கள் முன்வைத்த கருதுகோள்கள் மிக முக்கியமானவை. பேரண்டத்தின் சடப்பொருள் தெய்வீகத் தலையீடு இல்லாமலேயே உள்ளார்ந்த இயல்புகளின் அடிப்படையிலேயே பரிணும வளர்ச்சி பெற்றன என்ற கருத்தை இவர்கள் எடுத்துரைத்தனர்.

* * *

பூமியும் பிற கிரகங்களும் எப்படித் தோன்றிப் பரிணும வளர்ச்சியடைந்தன என்பதை நிலைநாட்டுவதற்கான தங்களது முயற்சியில் கான்டும், லாப்லாசும் சூரிய மண்டலத்தின் கட்டமைப்பிற்குரிய விதிகளை ஆதாரமாகக் கொண்டார்கள்.

கிரக இயக்கம் பற்றிய விதிகளை முதலில் கவனத்திற்குக் கொண்டு வந்தவர் நியூட்டன் [Newton] தான். இயக்கியலின் ஆதார விதிகளையும், சூரியனைச் சுற்றிக் கிரகங்கள் சுற்றுவதைக் கட்டுப்படுத்தும் அண்ட ஈர்ப்பு விதியையும் [law of universal gravitation] கண்டுபிடித்த பிறகு, அவர் கிரக மண்டலம் தற்செயலாய்த் தோன்றிய கதம்பத் தொகுப்பு அல்ல என்ற முடிவுக்கு வந்தார். ஆனுல் இதில் சடப்பொருளின் பரிணும வளர்ச்சியை, சூரிய மண்டலத்தைத் தோற்றுவித்த பரிணும வளர்ச்சியைக் காண்பதற்குப் பதிலாய், தெய்வ நம்பிக்கையும் பக்தியும் கொண்ட அவர் தெய்வீகச் சிருஷ்டிக்கான சான்றைக் கண்ணுற்ருர்.

இயற்கை பற்றிய தத்துவத்தின் கணித அடிப்படைகள் *mathematical Principles of Natural Philosophy]* என்ற புகழ்மிக்கப் புத்தகத்தில் அவர் கீழ்க்கண்டவாறு

எழுதினுர்: ''ஆறு மூலக் கிரகங்கள்* சூரியனை ஒரே மையமாகக் கொண்ட வட்டங்களில் சுற்றுகின்றன. அவற்றின் இயக்கங்கள் ஒரே திசையிலும் அனேகமாக ஒரே தளத்திலும் இருக்கின்றன. பூமி, வியாழன், சனி ஆகியவற்றை மையங்களாகக் கொண்ட வட்டங்களில் பத்து சந்திரன்கள் அதே இயக்கத் திசையில் சுற்று கின்றன; இந்தச் சந்திரன்களின் சுழற்பாதைத் தளங்கள் அந்தந்தக் கிரகங்களின் சுழற்பாதைத் தளத்தைப் பெரும் பாலும் ஒட்டியிருக்கின்றன. ஆனுல் சாதாரண இயக் கியல் காரணங்களால் இது போன்ற பல்வேறு ஒழுங்கான இயக்கங்கள் தோன்ற முடியும் என்று கருதக் கூடாது. ஏனெனில் வால்நட்சத்திரங்கள் அண்ட வெளியின் எல் லாப் பகுதிகளிலும், பெரும் அளவுக்கு மையவிலக்கச் சுழற்பாதைகளில் வியாபித்துள்ளன. இவ்வித இயக்கத் தின் மூலமாக அவை கிரகங்களது சுழற்பாதைகள் வழி யாக எளிதிலும் மிக விரைவாகவும் செல்கின்றன. அவற் றின் சேண்மை நிலைகளில் [aphelions]** அவை மெது வாகச் செல்வதுடன் அதிக காலமும் செலவிடுகின்றன. இந்நிலைகளில் அவை ஒன்றிலிருந்து மற்றொன்று அதிக

---

* நியூட்டன் காலத்தில் யுரேனஸ், நெப்டியூன், புளூட் டோ ஆகிய கிரகங்களைப் பற்றித் தெரியாது. பூமியின் துணைக்கோள் ஒன்றும், வியாழனின் துணைக்கோள்கள் நான்கும், சனியின் துணைக்கோள்கள் ஐந்தும் — ஆகிய பத்துத் துணைக்கோள்கள் மட்டுமே கண்டுபிடிக்கப்பட் டிருந்தன.

** கிரகம் அல்லது வால்நட்சத்திரம் அதன் சுழற் பாதையில் சூரியனிடமிருந்து அதிகபட்ச தொலைவுள்ள புள்ளியை வந்தடையும் நிலை.

பட்ச தூரம் விலகிச்செல்கின்றன; எனவே தமது பரஸ்பர ஈர்ப்பினுல் குறைவான அளவே பாதிக்கப்படுகின்றன. சூரியன், கிரகங்கள், வால்நட்சத்திரங்கள் ஆகியவை அடங்கிய இந்த அழகிய மண்டலம் எல்லாம்வல்ல வாலறிவனது சிந்தனையிலிருந்துதான் பிறக்க முடியும்.''

1745ல் புபோன் [Buffon] என்ற பிரெஞ்சு இயற்கை விஞ்ஞானி, சூரியனில் பெரியதொரு வால்நட்சத்திரம் மோதிய பொழுது சிதறியோடிய சூரியப் பொருளிலிருந்து தான் பூமியும் மற்றக் கிரகங்களும் தோன்றின என்ற கருத்தை வெளியிட்டார்.* தெய்வீக சக்தியின் ''படைப்புச் செயலுக்குப்'' பதிலாக, புபோன் ஓர் இயற்கை நிகழ்ச்சியைக் காரணமாகக் கூறினுர். இதில்தான் அவருடைய கருதுகோளின் முற்போக்கு முக்கியத்துவம் உள்ளது. ஆனுல் சூரிய மண்டலத்தின் தோற்றத்தைப் பற்றிய அவரது விளக்கம் அடிப்படையிலேயே தவருனது. லாப்லாஸ் காட்டியபடி, சிதறிய துண்டுகள் நெடிய நீள் வட்டச் சுழற்பாதைகளில் சென்றிருக்க வேண்டும்; பின்பு சூரியனுக்கே மறுபடியும் திரும்பியிருக்க வேண்டும். அந்தத் துண்டுகளின் பரஸ்பர ஈர்ப்பு அவற்றின் சுழற்பாதைகளை மாற்றிச் சூரியனை அவை அடையாமல் தடுத்துவிட்டதாகக் கொண்டாலுங்கூட, அவை நெடிய நீள்வட்டச் சுழற்பாதைகளிலேதான் சுற்றிக் கொண்டிருக்குமேயல்லாது, தற்பொழுது கிரகங்கள் செல்லும் வட்டச் சுழற்

---

* அக்காலத்தில் வால்நட்சத்திரங்கள் பெரிய விண்கோள்கள் என்பதாகக் கருதப்பட்டன. உண்மையில் அவற்றின் நடுப்பகுதி மிகச் சிறியது. அவற்றின் ஒளி வீசும் தலையும் வாலும் அடர்த்திக் குறைவான வாயுக்களால் ஆனவை.

பாதைகளைப் பெற்றிருக்க முடியாது. கிரகங்களின் இயக்க விதிகள் விஞ்ஞானிகளின் கவனத்தை ஏற்கனவே கவர்ந் திருந்த போதிலும், அவற்றை புபோனின் கருதுகோள் கணக்கில் எடுத்துக்கொள்ளவில்லை. எனவே அது முற் போக்குத் தன்மையுடையதாக இருந்த போதிலும், காலத் திற்கேற்றதாக இல்லை.

1796ல் புகழ்பெற்ற வானியலாளரும் கணிதவியலா ளருமான லாப்லாஸ் **உலக அமைப்பு பற்றிய விளக்கம்** [*Exposition of the World System*] என்னும் பிரபல புத் தகத்தை வெளியிட்டார். இப்புத்தகத்தின் முடிவில் உள்ள குறிப்புகளில் சூரிய மண்டலத்தின் தோற்றம் பற்றிய கருதுகோள் ஒன்றைக் கூறியுள்ளார். இது பெரும் பாலும் கான்டின் கருதுகோளைப் போன்றே இருந்தது. 150 ஆண்டுகள்வரை லாப்லாசின் கருதுகோள் எல்லோ ராலும் அங்கீகரிக்கப்பட்டு மிகுந்த செல்வாக்கு பெற் றிருந்தது. ஏனென்றால் அது கிரகங்களது சுழற்பாதை இயக்கத்தின் மேலே குறிப்பிடப்பட்ட சிறப்பியல்புகளுக்கு மிகுந்த எளிமையும் சிறப்பும் வாய்ந்த விளக்கம் கூறியது.

லாப்லாசின் கூற்றுபடி ஆதிநிலைச் சூரியனைச் சூழ்ந் திருந்த அடர்த்தி குறைவான வெப்பமிக்க வளிமண்டலத் திலிருந்து [atmosphere] கிரக மண்டலம் தோன்றியது. இந்த வளிமண்டலம் தற்காலத்தியச் சூரிய மண்டலத் தின் எல்லைகளுக்கு அப்பாலும் வியாபித்திருந்தது. அவர் கருத்துப்படி, இந்த வாயு வளிமண்டலம் சூரியனைச் சுற்றித் திடப்பொருளைப் போன்று உட்பகுதியைவிட வெளிப் பகுதி மிகவும் கூடுதலான வேகத்துடன் சுழன்று வந்தது. படிப்படியாக இது குளிர்ந்து சுருங்கியது. இவ்வாறு சுருங்கியதைத் தொடர்ந்து அது கோணக உந்து விசை

நிலைப்பு விதிக்கு ஏற்ப இன்னும் வேகமாகச் சுழன்றிருக்க வேண்டும். முடிவில் மத்திய ரேகையில் மையம்விட்டோடும் சக்தி [centrifugal force] ஈர்ப்பு சக்திக்குச் சமமாகி இருக்க வேண்டும். முகிற்படலத்தின் மத்திய ரேகை மண்டலத்தின் பொருள் இதிலிருந்து பிரிந்து, இந்தப் பிரிவு ஏற்பட்ட இடத்திலேயே இருந்துவிட்டது. எஞ்சிய வாயுத் திரட்சி தொடர்ந்து சுருங்கிச் சென்றது.

ஒரு தடவை தொடங்கிய பிறகு இந்த நிகழ்ச்சிப் போக்கு தொடர்ந்து நடைபெற்றுச் சென்றது. இதன் விளைவாகச் சனி கிரகத்தின் வளையங்களை ஒத்த பெரிய தட்டையான வாயு அடுக்கு இம்முகிற்படலத்தின் மத்திய ரேகைத் தளத்தில் தோன்றிற்று. இந்தப் பிரம்மாண்டமான தட்டில் இடைவெளிகள் தோன்றின. அவை படிப் படியாக விரிந்தன. வாயுப் பொருள் குறுகலான தனித் தனி வளையங்களாகச் சுருங்கின. இவ்வளையங்கள் ஒரு படித்தானதாய் இல்லை. இதன் விளைவாய் இவற்றின் பொருள் வாயுத் திரட்சிகளாய் ஒன்றுதிரண்டது. இத் திரட்சிகள் சுருங்கியதன் விளைவாய் அவை சூடேறின. பிற்பாடு, இவை குளிர்ந்தபிறகு, கிரகங்களாயின. இவ்விதமாக உருவான கிரகங்கள் வட்டமானச் சுழற்பாதைகளில் ஒரே திசையில் — அதாவது அவை தோன்றக் காரணமாயிருந்த முகிற்படலத்தின் சுழற்சித் திசையில் — சென்றிருக்க வேண்டும். இவற்றின் சுழற்பாதைகள் எல்லாம் ஒரே தளத்தில் — அதாவது ஆதி முகிற்படலத்தின் மத்திய ரேகைத் தளத்தில் — அமைந்திருக்க வேண்டும்.

லாப்லாஸ் வானியலாளராகவும் கணிதவியலாளராகவும் இருந்தபோதிலுங்கூட, அவர் தமது கருதுகோளை முற்றிலும் வர்ணனை முறையிலேயே எடுத்துரைத்தார்.

கிரக இயக்கங்களுக்குரிய விதிகளை ஆராய்ந்தும், அக் காலத்தில் புதிதாகத் தோன்றும் நட்சத்திரங்கள் என்று கருதப்பட்ட, பிரகாசமான மைய உள்ளகத்தை நோக்கிப் பல்வேறு அளவுகளில் அடர்வு பெற்ற முகிற்படலங்களைப் பற்றி ஹெர்ஷல் [Herschel] கண்டறிந்த விவரங்களின் முடிவுகளை ஆதாரமாகக் கொண்டும் அவர் தமது கருது கோளை விவரித்தார். இந்த முகிற்படலங்கள் தமது ஆதி மூல முகிற்படலத்தை ஒத்தவையாகுமென லாப்லாஸ் கொண்டார்.

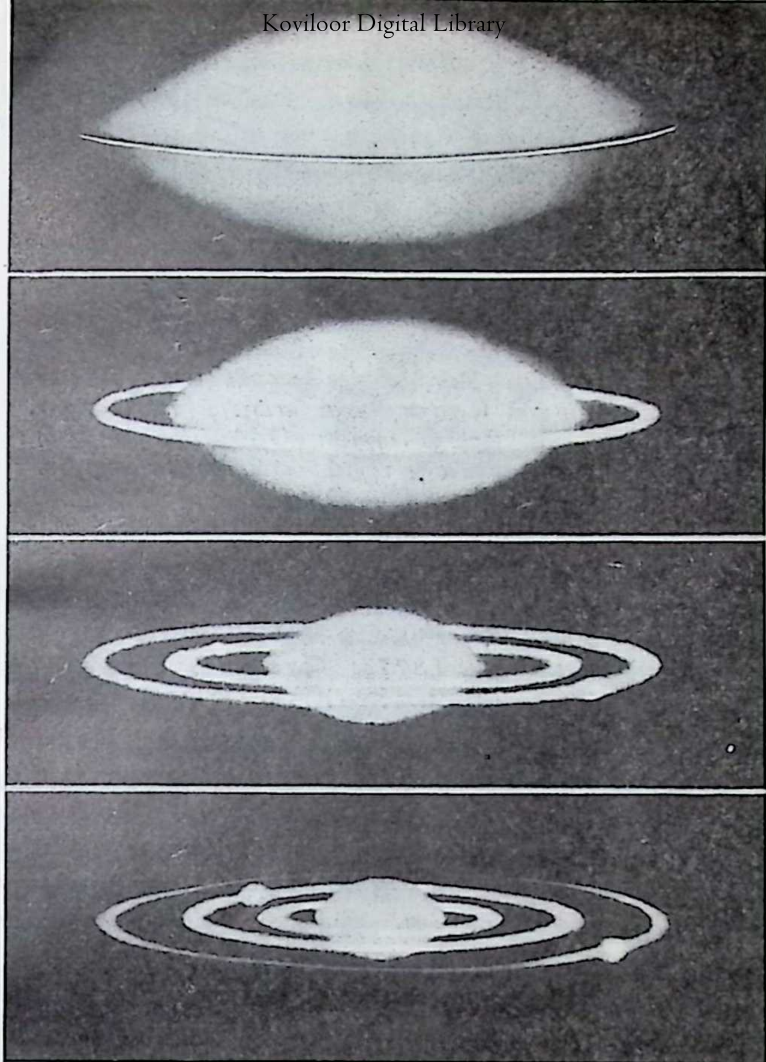
கடந்த நூற்றுண்டின் மத்தியப் பகுதியில் ரோஷ் [Roche] என்னும் பிரெஞ்சுக் கணிதவியலாளர் போட்ட கணக்குகளின்படி, லாப்லாசின் முகிற்படலம் வேகமாகச் சுழலச் சுழல, மையம் விட்டோடும் சக்தியின் விளைவாய் அது தட்டையாக மாறியிருக்க வேண்டும் என்றும், முடிவில் அது அவரை விதையின் வடிவத்தை அடைந்திருக்க வேண்டும் என்றும் தெரிய வந்தது. இந்த ''அவரை விதையின்'' விளிம்பிலிருந்தே பொருள் பிரிந்து வந் திருக்க வேண்டும்.

கிரக மண்டலப் பொருள் ஒரு பிரம்மாண்ட வாயுத் தட்டு முழுதும் பரவியிருந்ததென்று கொள்வோமானுல், இந்த வாயு அடர்த்தியான வளையங்களாகச் சுருங்க முடியாத அளவுக்கு அதன் அடர்த்தி மிக மிகக் குறைவாகவே இருந்திருக்கும். இந்தச் சிக்கலிலிருந்து வெளிவருவதற் காக ரோஷ் பொருள் பிரிந்து வந்ததானது விட்டு விட்டு நடந்தேறிய நிகழ்ச்சித் தொடராய் இருந்திருக்கலாம் என்ற கருத்தை முன்வைத்தார். அதாவது அவர் ஒரு தட்டுக்குப் பதிலாகக் குறுகலான பல வளையங்கள் பிரிந்து வந்தன என்று கொண்டார்.

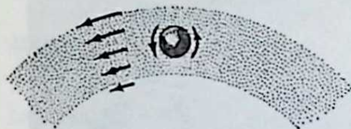
லாப்லாசின் கருதுகோளின்படி அமைந்த கிரக மண்டலத்தின் பிறப்பு எல்லாப் படங்களிலும் ரோஷின் திருத்தங்களோடுதான் காட்டப்படுகின்றன (பார்க்கவும் படம் 5).

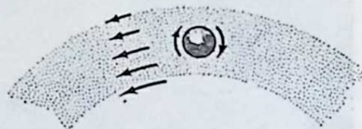
வாயு வளையம் அதன் பலமான உள்நிலை உராய்வு காரணமாய்த் திடப்பொருளைப் போன்று சுற்றியிருக்க வேண்டும் என்று லாப்லாஸ் நம்பினுர்; அதாவது வளையத்தின் துகள்கள் எல்லாம் ஒரே அளவுள்ள கோணக வேகத்துடன் [angular velocity] ஓடியிருக்க வேண்டுமென நம்பினுர். இதன்படி வளையத்தின் வெளி விளிம்பு உள் விளிம்பைவிட வேகமாக ஓடியிருக்க வேண்டும் (படம் 6, இடது புறம்). ஆகையினுல் வளையமாய் அமைந்த பொருள் வாயுத் திரட்சியாக — பிற்பாடு கிரகமாக — சுருங்கியதும், அது சூரியனைச் சுற்றிவந்த அதே திசையில் தனது அச்சுவழி (நேர்வழிச் சுழற்சி) சுழலும். இந்தத் திரட்சி குளிர்ந்தும், சுருங்கியும் சென்றபோது, அதன் சுழற்சியும் விரைவடைந்து சில சந்தர்ப்பங்களில் இந்த எதிர்கால கிரகத்திலிருந்து வளையங்கள் உடைந்து ஓடித் துணைக் கோள்களாயிருக்க வேண்டும்.

லாப்லாஸ் 1796ல் தன்னுடைய கருதுகோளை வெளியிட்டபோது, நேர்வழிச் சுழற்சியைக் கொண்டுள்ள துணைக் கோள்களைப் பற்றி மட்டுமே தெரிந்திருந்தது. ஆனுல் 1797ல் யுரேனஸின் துணைக்கோள்கள் இக்கிரகத்தின் சுழற்பாதைக்கு ஏறத்தாழச் செங்குத்தான தளத்தில் சுழல்கின்றன என்று கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. 1847ல் எதிர்வழி இயக்கம் கொண்ட துணைக்கோள் ஒன்று நெப்டியூனுக்கு இருக்கிறது என்று கண்டுபிடிக்கப் பட்டது. கடந்த 50



படம் 5. கிரகங்கள் உருவானது பற்றிய லாப்லாசின் கருதுகோள்









படம் 6. லாப்லாசின் கருதுகோளின்படி கிரகங்களுடைய சுழற்சி தோன்றியது எப்படி என்பதைக் காட்டும் படம். இடது புறம்: நேர்வழிச் சுழற்சி தோன்றிய விதம்; வலது புறம்: எதிர்வழிச் சுழற்சி தோன்றிய விதம்

வருடங்களில் வியாழன், சனி ஆகிய கிரகங்களுக்கும் எதிர்வழிச் சுழற்சி கொண்ட துணைக்கோள்கள் உள்ளன என்று காணப்பட்டது. 1877ல் செவ்வாய் கிரகத்திற்கு இரண்டு துணைக்கோள்கள் இருப்பது தெரிய வந்தது. இவ்விரண்டு துணைக்கோள்களின் இயக்கமும் நேர்வழியானது. ஆனுல் செவ்வாய்க்கு மிகவும் அருகாமையில் உள்ளதான போபாஸ் [Phobos] துணைக்கோள் செவ்வாய் அதன் அச்சில் சுழலும் வேகத்தைவிட மூன்று மடங்கு அதிகமான வேகத்துடன் அக்கிரகத்தைச் சுற்றுகிறது என்று நிர்ணயிக்கப்பட்டது. இந்த உண்மைகள் லாப்லாஸின் கருதுகோளுக்கு முரணுகிவிட்டன.

லாப்லாசின் வளையங்கள் குறுகலானவையாக இருந்ததாய்க் கொண்டாலுங்கூட, அவை மிக மிகக் குறை

வான அடர்த்தியுடையனவாகவே இருந்திருக்க வேண்டும் என்றும், ஆகவே அவற்றினுள் எழுந்திருக்கக்கூடிய மிகவும் சொற்பமான உராய்வு, இவ்வளையங்களைத் திடப் பொருளைப்போல் சுழலச் செய்திருக்க முடியாது என்றும் சில வானியல் வல்லுனர்கள் கூறினர். அவற்றின் சுழற்சி சூரியனைச் சுற்றிக் கிரகங்கள் சுற்றுவது போன்றே இருந் திருக்கும், அதாவது சூரியனிடமிருந்து விலகிச் செல்லச் செல்லச் சுழற்சி வேகமும் குறைந்து கொண்டே சென் றிருக்கும். எனவே வளையங்களிலிருந்து உண்டான திரட்சி களின் சுழற்சி எதிர்வழியானதாகவே இருந்திருக்கும் (படம் 6, வலது புறம்). ஆகவே லாப்லாசின் கருது கோளுக்கு முரணானது கிரகங்களின் நேர்வழிச் சுழற்சி யும் துணைக்கோள்களின் நேர்வழி இயக்கமுமேயன்றி, துணைக்கோள்களின் எதிர்வழி இயக்கமல்ல.

இவ்வித முரண்பாட்டிற்குத் தீர்வுகாண முன்வைக் கப்பட்ட மிகவும் செயற்கையான பல விளக்கங்களும் திருப்திகரமாய் இருக்கவில்லை. பின்னால் நாம் காணப் போவதுபோல், விரவிப் பரந்த பொருளிலிருந்து கிரகங் கள் உருவாகும் பொழுது பொதுவாக அவை நேர்வழி யாய்ச் சுழல வேண்டும். ஆனால் இதை அடைவதற்கு, அவற்றின் இயக்கு ஆற்றலில் ஒரு பகுதி வெப்ப ஆற்ற லாக மாறியதை — தவிர்க்க முடியாதபடி இந்த மாற் றம் நடைபெற்றிருக்க வேண்டும் — கணக்கில் எடுத்துக் கொள்ள வேண்டும். லாப்லாசிற்கு ஆற்றல் அழியாமை விதியை [law of conservation of energy] பற்றித் தெரிந் திருக்காது. அவரைப் பின்பற்றியவர்கள் யாது காரணம் பற்றியோ இவ்விதியைக் கவனிக்காமலே இருந்து விட்டனர்.

லாப்லாசின் காலத்தில் வாயுக்களின் இயங்குக் கொள்கை [kinetic theory of gases] பற்றியும் தெரியாது; வாயுக்களின் மூலக்கூறுகள் [molecules] பல்வேறு பௌதிக நிலைமைகளில் இயங்கும் விதம் பற்றியும் தெரியாது. அடர்த்தி குறைவான வாயு வளையங்கள் அண்டவெளியில் பல்கிப் பரவி மறைந்திருக்குமேயன்றி கிரகங்களாய்ச் சுருங்கி இறுகியிருக்க முடியாதென்று பின்னர் செய்யப்பட்ட கணக்கீடுகள் காட்டின. ஆனல் தற்கால விஞ்ஞானத்தின்படி, லாப்லாசின் வாயுத் தட்டு, அது உருவான நேரத்தில் வெப்பம் மிக்கதாய் இருந்த பொழுதிலும், விரைவாகக் குளிர்ந்திருக்க வேண்டும்; அதில் சுருங்கி இறுகுதல் என்னும் நிகழ்ச்சிப்போக்கு — அதாவது திடத் தூசுத் துகள்கள் உருவான நிகழ்ச்சிப் போக்கு — தொடங்கியிருக்க வேண்டும். இந்த வாயு-தூசுப் பொருளின் பரிணமம், லாப்லாசின் யூகங்களிலிருந்து அடிப்படையான முறையில் வேறுபடுகிறது.

லாப்லாசின் கருதுகோளை மறுக்கும் முக்கிய வாதங்களில் ஒன்றிற்குச் சூரியனின் மெதுவான சுழற்சி ஆதாரமாக விளங்குகிறது. ஆதி முகிற்படலத்திலிருந்து வளையங்கள் பிரிந்து அப்பால் செல்லும் அளவுக்கு இம்முகிற்படலத்தின் சுழல் இயக்க வேகம் அதிகமாய் இருந்திருக்க வேண்டும். இந்த முகிற்படலத்தின் மையப் பகுதி சுருங்கியதால் தோன்றிய சூரியனுடைய சுழல் இயக்க வேகத்தை ஆதி முகிற்படலத்தின் வேகத்திலிருந்து நாம் கணக்கிடலாம். அவ்வாறு கணக்கிட்டால், சூரியனின் சுழல் இயக்க வேகம் தற்பொழுது காணப்படுவதைவிட நூற்றுக்கணக்கான மடங்கு அதிகமாக இருக்கவேண்டும். இதற்கு மாருக, சூரியன் கிரக மண்டலத்தின் முழு

அளவுக்கும் பரவியிருந்ததாகக் கொள்வோமாயின், அதன் சுழற்சி மிக மெதுவாக இருந்திருக்குமாதலால், அதிலிருந்து வளையங்கள் பிரிந்து செல்ல முடிந்திருக்காது. சூரியனுக்கும் கிரகங்களுக்கும் இடையே கோணக உந்து விசை வினியோகமாகியுள்ள விதத்தை விளக்க லாப்லாசின் கருதுகோளால் முடியவில்லை.

க்ராட் [V.A. Krat], பெசேன்கவ் [V.G. Fesenkov] என்ற இரு சோவியத் வானியலாளர்கள், சூரியனின் மேற்பரப்பிலிருந்து அணுக்களின் திரள்கள் வெளியேற்றப்படுவது, சூரியனின் நிறையில் இதனுல் ஏற்படும் இழப்பைப் பொறுத்தமட்டில் தற்பொழுது மிகச் சொற்பமாகவே இருந்தபோதிலும், சூரியன் தோன்றியதும் தீவிரமாக நிகழ்ந்திருக்கக் கூடும் என்று இருபது ஆண்டுகளுக்கு முன்பு குறிப்பிட்டனர். இந்த நிகழ்ச்சிப்போக்கு சூரியனின் ஆதி நிறையைப் பன்மடங்கு குறைத்துவிடும் அளவுக்குத் தீவிரமாயிருந்திருந்தால் சூரியனின் சுழல் இயக்க வேகம் குறைந்திருக்கும். ஆனுல் இன்று மிகப் பெருவாரியான வானியலாளர்கள், பழங்காலத்தில் அணுக்களின் வெளியேற்றம் கணிசமான அளவு தீவிரமாக இருந்தாலும், சூரியனின் நிறை ஏறத்தாழ இன்று இருப்பது போலவே ஆதி முதலாகவே இருந்தது என்று கருதுகின்றனர்.

கான்ட், லாப்லாஸ் ஆகியோரின் கருதுகோள்கள் அவர்களது காலத்திய விஞ்ஞானத்துக்கு முரண்படாதனவாய் இருந்தன என்ருலுங்கூட, பிற்பாடு கிடைக்கப் பெற்ற விஞ்ஞான அறிவு அவை சரியல்ல என்பதை நிரூபித்தன. இக்கருதுகோள்களைத் திருத்திச் சரிசெய்வதற்

காக எடுக்கப்பட்ட முயற்சிகள் வீணுயின. 20ஆம் நூற்ருண்டின் தொடக்கத்தில் வானியலாளர்கள் இவற்றுக்குப் பதிலாய்ப் பிற கருதுகோள்களில் கவனம் செலுத்த முற்பட்டனர். கான்ட், லாப்லாசின் கருதுகோள்களில் இருக்கும் சிறப்புக் கூறுகளையும் — அதாவது விரவிப் பரவிய ஒரே அமைப்பான சுழலும் முகிற்படலத்திலிருந்து கிரக மண்டலம் உருவாயிற்று என்ற கருத்தையும் — ஒதுக்கித் தள்ளிவிட்டார்கள்.

19, 20ஆம் நூற்ருண்டுகளின் எண்ணற்ற விண்கோளியல் கருதுகோள்கள் சூரிய மண்டலக் கோள்களைப் பற்றி அன்று தெரிந்திருந்த எல்லா உண்மைகளையும் அடிப்படையாகக் கொள்ளவில்லை; விண்கோளியலுக்கு முக்கியத்துவம் பெற்ற பௌதிக விதிகளைப் புறக்கணித்தன. ஆகவே அவை தகுதியற்றவை என்பது விரைவில் புலனுகியது. சில முற்றிலும் உதவாக்கரையாகிவிட்டன. வேறு சிலவற்றில் சிறப்பியல்புகள் இருந்தன என்ருலும், இவையும் தவருன கருத்துக்களாலும், நம்பமுடியாத விபரீதக் கற்பனைகளாலுங்கூட ஈனப்படுத்தப்பட்டிருந்தன.

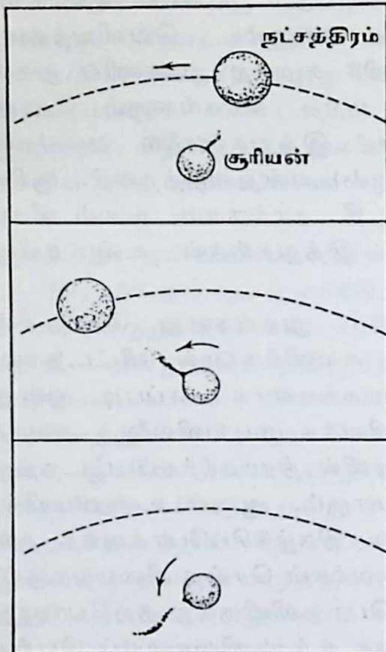
19ஆம் நூற்ருண்டின் முடிவில் பெல்ஜிய நாட்டைச் சேர்ந்த லிகோண்டேஸ் [Ligondes] என்பவர் கிரக மண்டலத்தின் தோற்றம் பற்றிய விண்கல் கருதுகோளை வெளியிட்டார். நுண்துகள் கூட்டத்தில் நெகிழ்வற்ற [non-elastic] மோதல்களும் இணைதலும் இருக்க வேண்டும் என்று அவர் சுட்டிக்காட்டியது சரியே. இதன் விளைவாய் நுண்துகள்கள் மிகவும் தட்டையான சுழலும் தட்டாகத் திரண்டன என்றும், இந்தத் தட்டிலிருந்தே கிரகங்கள் உருவாயின என்றும் கூறினுர்.

கிட்டத்தட்ட இதே காலத்தில், முல்டன் [Moulton]

சேம்பர்லின் [Chamberlin] எனப்படும் இரண்டு அமெரிக்க விஞ்ஞானிகளின் கருதுகோள்களும் வெளிவந்தன. அவர்களும், சூரியனைச் சுற்றிச் சுழன்ற நுண்ணிய துகள்களிலிருந்துதான் பூமியும் மற்ற கிரகங்களும் தோன்றின என்று கருதினர்கள். இத்துகள்களை அவர்கள் ''கோளணுக்கள்'' [planetesimals] என்றழைத்தனர். சூரியனிலிருந்து பிரம்மாண்டத் தீ நாக்குகள் மூலம் வீசப்பட்ட பொருள் குளிர்ந்து இத்துகள்கள் உண்டாயின என்று கூறினர்கள்.

முல்டனும் சேம்பர்லினும் துகள்களது மோதலின் நெகிழ்வற்ற தன்மையைக் கவனிக்காமல் விட்டதால், அவர்களால் துகள்கள் கிரகங்களாக எப்படி ஒன்று திரள முடிந்ததென்பதை விளக்க முடியவில்லை. அவர்களுடைய கருதுகோள் விரைவில் நிராகரிக்கப்பட்டதற்கு இது ஒரு முக்கியக் காரணமாகும். ஆனல் உண்மையில், துகள்களின் திரள் உருவாகிய நிகழ்ச்சிப்போக்கைத் தவருய்ப் புரிந்து கொண்டதே அவர்கள் செய்த பிழையாகும். சூரியனிலிருந்து வீசப்பட்ட பொருளிலிருந்து தற்பொழுது கிரகங்களுக்கு உள்ள கோணக உந்து விசையைப் பெற்ற துகள்கள் தோன்றியிருக்க முடியாது. அதே சமயத்தில் கோளணுக் கருதுகோள் கிரக மண்டலம் உருவான நிகழ்ச்சிப்போக்கின் பல இயல்புகளைப் பிழையின்றி எடுத்துரைத்தது.

ஸீ என்னும் அமெரிக்க வானியலாளரின் கருதுகோளையும் குறிப்பிடுவோம். முன்னொரு காலத்தில் சூரியன் எதிர் ஊடகத்தால் சூழப்பட்டிருந்தது என்றும், அதன் ''உதவியால்'' நட்சத்திரங்களுக்கு இடையிலுள்ள வெளியிலிருந்து தயாரான கிரகங்களைக் கைப்பற்றிக் கொண்



படம் 7. கிரகங்கள் உருவானது பற்றிய ஜீன்ஸ் கருதுகோள்

டது என்றும் இது அனுமானிக்கிறது. இவ்வாருல் கிரகங்களின் சுழற்பாதைகள் வெவ்வேறு தளங்களில் அமைந்திருக்கவேண்டும். கிரகங்களின் தோற்றத்தை விளக்குவதற்கு கைப்பற்றல் என்ற கருத்து முதன் முதலில் பயன்படுத்தப்பட்டது ஸீயின் கருதுகோளில் தான். இந்தக் காரணத்தினுல் மட்டுமே அது கவனிக்கத் தக்கதாகிறது.

20ஆம் நூற்ருண்டின் முற்பாதியில் தோன்றிய கருதுகோள்களுள் பிரிட்டிஷ் வானியலாளரான ஜீன்ஸ் [Jeans] என்பவரின் கருதுகோள் 1920-40ஆம் ஆண்டுகளில் புகழ்பெற்றதாக இருந்தது. அவர் கிரகங்களாக உருவான பொருளானது சூரியனுக்கு அருகே விரைந்தோடிய பிரம்மாண்டமான ஒரு நட்சத்திரத்தின் ஈர்ப்பினுல் சூரியனிடமிருந்து பிய்த்தெறியப்பட்டதென்று கூறி, சூரியனுக்கும் கிரகங்களுக்குமிடையிலான கோணக உந்து விசையின் வினியோகத்தால் எழுந்த முட்டுக்கட்டையைத் தகர்க்க முயன்ருர் (படம் 7). இந்த நட்சத்திரம்

தான் கிழித்தெறிந்த பொருளைச் சூரியனிடமிருந்து போதுமான தூரத்திற்கு இழுத்துச் சென்று, தனது ஓட்டத் திசையிலே அதைச் சூரியனைச் சுற்றிச் சுழலச் செய்ததாகக் கொள்ள வேண்டும்.

நட்சத்திரங்கள் ஒன்றைவிட்டொன்று நெடுந் தொலைவு விலகியிருப்பதால், இரு நட்சத்திரங்கள் நெருங்கி வந்து எதிர்படுவதானது அரிதிலும் அரிதான நிகழ்ச்சியாகும். ஆகவே கிரக மண்டலம் பேரண்டத்தில் தோன்றியதானது அசாதாரணமான நிகழ்ச்சியாகுமென்று ஜீன்ஸின் கருதுகோள் வலியுறுத்திற்று. பேரவை விஞ்ஞானி ஷ்மித் குறிப்பிட்டதுபோல், ''...கிரக மண்டலம் தோன்றிய நிகழ்ச்சிப்போக்கு சிறிதும் எதிர்பாராதது என்பது தான், அதாவது இந்நிகழ்ச்சிப்போக்கு அரிதிலும் அரிதானது என்பதுதான் வானியலாளர்களின் கருத்துப்படி ஜீன்ஸ் கருதுகோளின் குறைபாடு. ஆனல் இக்குறைபாடு, மதத்திற்கு முரண்பட்டுச் செல்ல விரும்பாத பாமரர்களது கண்ணுக்கு இந்தக் கருதுகோளின் பிரதான சிறப்பாகிவிட்டது. அவர்களுக்கு ஜீன்ஸின் கருதுகோள் பெரும் அளவுக்கு ஏற்றுக் கொள்ளக்கூடிய சமரசமாக அமைந்தது. அவருடைய விளக்கத்தில் கிரக மண்டலம் உருவானது அரிதிலும் அரிதானதொன்ருய் அமைவது முற்றிலும் கருத்துமுதல்வாதம் [idealism] ஆகிவிடவில்லை என்பது மெய்தான் — இயற்கையில் அரிதான, அபூர்வமான நிகழ்வுகள் இருக்கத்தான் செய்கின்றன. ஆயினும் இது விண்கோளியலில் கருத்துமுதல்வாதத்திற்கு மடை திறந்துவிட்டது.''

ஆனல் சுமார் 30 வருடங்களுக்கு முன்பு இக்கருதுகோள் விஞ்ஞானத்திற்குப் புறம்பானதென்பது தெளி

வாக்கப்பட்டது. அமெரிக்க வானியலாளரான ரஸ்ஸல் [Russel] என்பவர், சூரிய மண்டலத்தின் பிரம்மாண்டப் பரிமாணங்களுக்கு ஜீன்ஸின் கருதுகோளினுல் விளக்கம் தர இயலாததை எடுத்துக்காட்டினுர் (1937ல்). சூரியனிடமிருந்து பொருளைப் பிய்த்தெடுப்பதற்கு அந்த நட்சத்திரம் சூரியனுக்கு மிக அருகாமையில் சென்றிருக்க வேண்டும். அப்படியானல், அந்தப் பொருளும், அது தோற்றுவித்த கிரகங்களும் சூரியனுக்கு மிகவும் அருகிலேயே, சூரியனின் விட்டத்தைப்போல் ஒரு சில மடங்கே அதிகமான தொலைவுக்குள்ளேயே சுற்ற வேண்டும். உண்மையில் சூரியனின் விட்டத்தைவிட ஆயிரக்கணக்கான மடங்குள்ள தொலைவுகளால் கிரகங்கள் சூரியனிலிருந்து பிரிக்கப்பட்டுள்ளன. உதாரணமாய், வியாழனுக்கும் சூரியனுக்கும் இடையிலுள்ள தூரம் சூரியனின் விட்டத்தைவிட 500 மடங்கு அதிகமாக இருக்கிறது. நெப்டியூனிற்கும் சூரியனுக்கும் இடையிலுள்ள தூரம் சூரியனின் விட்டத்தைவிட 3,200 மடங்கு அதிகமானது. பரீய்ஸ்கிய் [N. N. Pariisky] தமது கணிதக் கணக்கீடுகளின் மூலம், சூரியனுக்கும் கிரகங்களுக்கும் இடையிலுள்ள மிகப் பெருந் தொலைவுகளை ஜீன்ஸின் கருதுகோளால் விளக்க முடியாது என்பதை நிரூபித்துக் காட்டினுர்.

சாராம்சத்தில் இப்பிரச்சினை திரும்பவும் கிரக மண்டலம் முழுவதிலும் கோணக உந்து விசை வினியோகமாகியுள்ள முறை பற்றிய பிரச்சினையே ஆகும். லாப்லாசின் கருதுகோள் குறித்து, சூரியன் ஏன் இவ்வளவு மெதுவாகச் சுற்றுகிறது? அதன் கோணக உந்து விசை ஏன் இவ்வளவு குறைவாக உள்ளது? என்பதே கேள்வியாகுமானுல், ஜீன்ஸின் கருதுகோள் குறித்து, கிரகங்கள் இவ்

வளவு அதிகமான கோணக உந்து விசை பெற முடிந்தது எப்படி? என்பதே கேள்வியாகும்.

சூரியனிலிருந்து பிய்த்தெடுக்கப்பட்ட பொருள் சுருங்கி இறுகிக் கிரகங்களாகியது பற்றி ஜீன்ஸ் கணக்கீடுகள் செய்ய முயற்சிக்கவே இல்லை. ஆனால் கணக்கீடுகள் செய்யப்பட்ட பொழுது (ஸ்பிட்ஸர், 1939ல்), சூரியனின் மிக ஆழமான பகுதிகளிலிருந்து—மேற்பரப்பைக் காட்டிலும் மிகவும் அதிகமான வெப்பநிலை கொண்ட ஆழ் பகுதிகளிலிருந்து — பொருள் பிய்த்தெடுக்கப் பட வேண்டும் என்பது தெரிந்தது. இப்பொருளின் வெப்பநிலை பத்துலட்சம் டிகிரியை எட்டியிருக்கும். இப் பொருள் அண்டவெளியில் சிதறியோடியிருக்குமேயல்லாது, தனித்தனிக் கிரகத் திரட்சிகளாகப் பிரிந்திருக்க முடியாது.

* * *

1940-50ஆம் ஆண்டுகளில் ஜீன்ஸின் கருதுகோள் கைவிடப்பட்ட பிறகு, விரவிப் பரந்த பொருளிலிருந்து கிரகங்கள் தோன்றின என்று வானியலாளர்கள் கருத முற்பட்டனர். தற்கால கிரக விண்கோளியலின் இயல்பு என்னவென்றல் எல்லா விஞ்ஞானிகளும் கிரகங்கள் உருவானது சூரியனைச் சூழ்ந்திருந்த குளிர்ந்த வாயு-தூசுப் படலம் ஒன்றிலிருந்துதான் என்று ஊகிக்கிறர்கள். இந்த ஆதிமூலக் கிரகப் படலம் எப்படி தோன்றிற்று என்பது குறித்தும், கிரகங்கள் உருவான நிகழ்ச்சிப்போக்கு என்ன என்பது குறித்தும்தான் அவர்களுள்ளே கருத்து வேறுபாடு இருந்து வருகிறது.

வானியல் சிந்தனையில் உண்டான இத்திருப்பத்திற்கு வித்திட்டவை, ஜெர்மானிய பௌதிகவியலாளரான சி. வான் வெய்த்ஸ்ஸேக்கர் [C. von Weitzsacker], சோவியத் யூனியன் பேரவை விஞ்ஞானி ஒட்டோ ஷ்மித் ஆகிய இருவரும் ஏறத்தாழ ஏககாலத்தில் 1943-44ல் முன் வைத்த கருதுகோள்களே ஆகும்.*

ஒருகாலத்தில் சூரியனைச் சுழலும் தட்டுவடிவ வாயு-தூசுப் படலம் சூழ்ந்திருந்தது என்று வெய்த்ஸ் ஸேக்கர் கருதுகிறார். அதன் நிறை சூரியனின் தற்போதைய நிறையில் சுமார் பத்தில் ஒரு பங்கு இருந்தது. இந்தப் படலத்தில்தான் கிரகங்கள், விரவிப் பரவியிருந்த பொருள் சிறிது சிறிதாய் ஒன்றுதிரண்டதன் வாயிலாய் உருவாயின. சூரியனுக்கும் கிரகங்களுக்கும் இடையே உள்ள தூரங்களில் காணப்படும் ஒழுங்குகளுக்கு விளக்கம் கூறும் பொருட்டு, முறையான வளைய அமைப்புகளான பெருஞ் சுழிகள் [vortices] ஏற்பட்டதாகக் கொண்டார். பெரிய சுழிகளுக்கு இடையில் குறிப்பிட்ட இடங்களில் தோன்றிய, இவற்றைவிட சிறிய சுழிகள் திரட்சிகளை உண்டாக்கின. இந்தத் திரட்சிகள் பிற்பாடு இன்றைய கிரகங்களாக வளர்ந்தன.

அவருடைய கருதுகோள் அங்கீகாரம் பெறவில்லை. முறைப்படி அமைந்த சுழிகளைப்பற்றிய ஊகத்தின் செயற்கைத் தன்மையே இதற்குப் பிரதான காரணம். இருப்பினும், வாயு-தூசாலான ஆதிமூலக் கிரகப் படலம் என்

---

* யுத்தகாலச் சூழ்நிலையின் காரணமாய் சோவியத் விஞ்ஞானிகள் வெய்த்ஸ்ஸேக்கரின் கருதுகோளை அமெரிக்கப் பத்திரிகைகளிலிருந்து 1945ல்தான் முதலில் தெரிந்து கொண்டனர்.

னும் கருத்து மேலைய விஞ்ஞானிகள் பலருக்குத் தூண்டுதல் அளித்தது (டெர்-ஹாஆர் [Ter Haar], கெய்ப்பர் [Kuiper]).

காலஞ்சென்ற பேரவை விஞ்ஞானி ஷ்மித், கிரகங்களின் சுழற்பாதை இயக்கங்களில் காணப்படும் முக்கிய ஒழுங்குகளைப் பகுத்தாராய்ந்து இப்பிரச்சினையைப் பரிசீலித்தார். பல்வேறு பருமன்களுடைய கோள்களின் திரளிலிருந்து சிறிது சிறிதாக ஒன்றுசேர்ந்து கிரகங்கள் தோன்றின என்று அவர் அனுமானித்தார். பிற்பாடு அவர் கிரகச் சுழற்சி எப்படி ஏற்பட்டது என்பதற்கு எளிய விளக்கம் கொடுத்தார். கிரகங்களுக்கும் சூரியனுக்குமிடையே உள்ள தொலைவுகள் விதிக்குட்பட்டிருப்பதற்கு அவர் விளக்கம் கண்டார். 1949-50ல் கிரகங்களின் இரசாயன இயைபு பற்றிய புள்ளி விவரங்களை ஆராய்ந்த போது சூரியனுக்குச் சுற்றுப்புறத்தில் வாயு-தூசுப் படலத்திலிருந்து பொருளின் திரள் உருவாயிற்றென்று தெரியலாயிற்று. சூரியனுக்கும் கிரகங்களுக்கும் இடையே கோணக உந்து விசை வினியோகமாகியுள்ள முறைக்கு விளக்கம் கூறும் பொருட்டு, ஷ்மித் கிரக மண்டலப் பொருள் சூரியனால் கைப்பற்றப்பட்டதென்று கூறினார். முதலில் கோளங்களின் திரள்தான் இவ்வாறு கைப்பற்றப்பட்டது என்று நம்பினார்; பிற்பாடு வாயு-தூசாலான ஆதிமூலக் கிரகப் படலம்தான் கைப்பற்றப்பட்டது என்ற கருத்தை ஆதரித்தார். பூமி தோன்றிய முறை பற்றிய புதிய கருத்துக்களின் புவிபௌதிக விளைவுகளை அவர் நுணுக்கமாகக் கவனித்தார். இவற்றின் முக்கியமான முடிவுகளில் ஒன்று, பூமி தோன்றுகையில் அது குளிர்ந்த நிலையில்தான் இருந்தது என்பது. பிற்பாடுதான் கதிரியக்கத் தனிமங்களின் சிதைவால் வெளிவந்த வெப்பம் ஒன்றுசேர்ந்ததன்

விளைவாய் அது சிறிது சிறிதாய்ச் சூடாகியது. ஷ்மித்தும் அவரது குழுவைச் சேர்ந்த விஞ்ஞானிகளும் செய்த ஆராய்ச்சிகள் குறித்து இப்புத்தகத்தில் வேறு ஓர் இடத்தில் விரிவாகக் கூறப்படுகிறது.

*1949*ல், அமெரிக்க வானியலாளர் கெய்ப்பர், வெய்த் ஸ்ஸேக்கரின் கருத்துக்களினுல் கவரப்பட்டு, சூரியனைச் சூழ்ந்திருந்த வாயு-தூசுப் படலத்திலிருந்து கிரக மண்டலம் தோன்றிய விதத்தை ஆராய ஆரம்பித்தார். முதலில் அவர் ஆதிமூலக் கிரகப் படலத்தில் தாறுமாருன சுழிகள் முக்கிய பங்காற்றின என்ற கருத்தை வெய்த் ஸ்ஸேக்கரிடமிருந்து எடுத்துக் கொண்டார். ஆனல் அவர் கிரகங்கள் உருவானது படிப்படியாகப் பருமனடைவதாலல்லவென்றும், மாருகப் பிரம்மாண்டத் திரட்சிகளான ஆதிமூலக் கிரகங்களிலிருந்து பெரும் பகுதிப் பொருள் சிறிது சிறிதாகச் சிதறிச் சென்றதால்தான் என்றும் கருதினர். ஒவ்வொரு கிரகத்திற்கும் ஒன்ருக ஆதிமூலக் கிரகங்கள் தோன்றியதிலிருந்துதான் ஆதிமூலக் கிரகப் படலத்தின் பரிணமம் தொடங்கியது என்று அவர் நம்புகிருர்.

முகிற்படலம் ஒன்று சுருங்கியதன் விளைவாகவே சூரியன் உருவாயிற்று என்று கெய்ப்பர் கருதினர். ஆதிமூலக் கிரகப் படலமும் இந்த நிகழ்ச்சிப்போக்கின் மூலம் அதே ஆதிமூல முகிற்படலத்திலிருந்து உருவாயிற்று என்று அவர் கருதினர். சூரியன் கதிர்வீசும் நட்சத்திரமான பிறகுதான் ஆதிமூலக் கிரகங்கள் உருவாயின என்று முதலில் அவர் ஊகித்தார்; பிற்பாடு இக்கருத்தை மாற்றிக் கொண்டார். சூரியன் உருவாகி வந்தபொழுதே, அது கதிர்வீச முடியாத நிலையில் இருந்தபொழுதே, ஆதிமூலக் கிரகங்கள் தோன்றின என்று பிற்பாடு கருதினர். எனவே

ஆதிமூலக் கிரகப் படலம் குளிர்ந்த நிலையில் இருந்திருக்க வேண்டும். சூரியன் நட்சத்திரமாகச் ''சுடர்விடும்'' முன்பு அதனுடைய துகள்வீச்சு ஆதிமூலக் கிரகங்களின் விளிம்புகளின் அடர்த்தி குறைந்த மண்டலங்களை ''ஊதி'' அங்கிருந்த உபரிப் பொருளை அகற்றிவிட்டது.

பூமியின் இரசாயன இயைபு பற்றிய பிரச்சினையைக் கெய்ப்பர் விவரமாய் ஆராயவில்லை என்றாலும் ''ஆதி மூலப் பூமி'' அதன் எளிதில் ஆவியாகும் வாயுக்களை மட்டு மன்றி சிலிக்கேட்டுகளில் ஒரு பகுதியையும்கூட இழந் திருக்க வேண்டும் என்று கருதினார். ஆனால், பூமியின் இர சாயன இயைபின் பிரத்தியேக இயல்புகள் பலவும்தான், அது பிரம்மாண்டமான வாயு ஆதிமூலக் கிரகத்திலிருந்து தோன்றியிருக்குமென்ற கருத்திற்கு எதிராகிவிடுகின்றன (5ஆம் அத்தியாயத்தைப் பார்க்கவும்). மேலும் ஆதிமூலக் கிரகப் படலத்தின் பரிணாமத்தைப் பற்றிய பிரச்சினையை விமர்சனக் கண் கொண்டு ஆராயும்போது அப்படலத் திலிருந்து கெய்ப்பர் கூறும் மிகப் பெரிய ஆதிமூலக் கிரகங்கள் பிரிந்திருக்க முடியாது என்பது தெளிவாகிறது.

1950ஆம் ஆண்டுகளின் மத்திய பகுதியில் கெய்ப்பர், நுண்கிரகங்களும் கிரகங்களின் சிறு துணைக்கோள்களும் வாயுத் திரட்சிகளிலிருந்து உருவானவை என்னும் தமது கருத்திலிருந்து விலகிச் சென்று, அவை திடப்பொருள் ஒன்றுதிரளுவதன் மூலம் உருவாயின என்று கருதலானார். பிற்பாடு கெய்ப்பர், பௌமியக் கிரகங்கள் உருவானது பற்றிய தமது கருத்துக்களை மாற்றிக் கொண்டுவிட்டார். இந்த நிகழ்ச்சிப்போக்கில் திட துகள்கள் ஒன்றுதிரளு வதன் முக்கியத்துவத்தை அப்பொழுது அவர் ஏற்றுக் கொள்கிறார். இவ்விதமாக, ஷ்மித் தமது விண்கோளியல்

தத்துவத்தில் விவரித்த கிரக மண்டலக் கோள்கள் உரு வான முறைபற்றிய கருத்தோட்டத்துக்குக் கெய்ப்பர் மிகவும் அருகாமையில் வந்துவிட்டார்.

வேகமாகச் சுழலும் சூரியனிடமிருந்து மையம் விட்டோடும் சக்தி காரணமாய் அதனிடமிருந்து கிரகங்கள் பிரிந்தன என்ற கருதுகோளை அது வரை ஆதரித்து வந்த பேரவை விஞ்ஞானி பெசேன்கவ் 1951ஆம் ஆண்டில் வாயு-தூசுப் படலத்திலிருந்தே கிரகங்கள் தோன்றின என்று கருதத் தொடங்கினர். சூரியனும் அந்தப் படலமும் ஒருங்கே தோன்றின என்றும், அந்தப் படலம் ஒவ்வொரு கிரகத்துக்கும் ஒன்ருக பெரும் பெரும் ஆதிமூலக் கிரகங்களாக பிரிந்தது என்றும் கூறி இவர் கெய்ப்பரின் கருத்தை ஆதரித்தார்.

இதே வருடத்தில், அமெரிக்க நாட்டின் பௌதிக-இரசாயனவியலாளரான யூரீ [H. C. Urey] என்பவர் தமது விண்கோளியல் தத்துவத்தை எடுத்துரைக்க முற்பட்டார். கிரக மண்டலத்தைப் பற்றிய வானியல் விவரங்களையே பிரதானமாய் அடிப்படையாகக் கொண்டுள்ள மிகப் பெருவாரியான ஆராய்ச்சியாளர்களைப் போலல்லாது, யூரீ கிரகங்கள், விண்கற்களது இரசாயன இயைபு பற்றிய விவரங்களையே ஆதாரமாகக் கொள்கிருர். குளிர்ந்த திடத் துகள்கள் ஒன்றுசேர்ந்ததே பூமி உருவானதற்கான பிரதான காரணம் என்று கருதுகிருர். எனவே இவருடைய தத்துவத்துக்கும் ஷ்மித்தினுடைய தத்துவத்துக்கும் ஒற்றுமை நிறைய இருக்கிறது. இருப்பினும் யூரீ நுண்கிரகங்களை ஒத்த பருமனுள்ள இடைநிலை கோளங்களாலான திரள் தோன்றியபோது (63-66ஆம் பக்கங்களில் இதைப்பற்றி விவரமாகச் சொல்வோம்), அவற்றின்

மேற்பரப்புகள் சூடாகிவிட்டன என்று அவர் கருதுகிருர். பூமியின் உட்கரு இரும்பால் ஆனது என்ற முன்னேய நம்பிக்கையை ஆதரிப்பவராதலால் அவருக்கு இக்கருத்து தேவைப்படுகிறது. இக்கருத்து உண்மையாயின், புதன், வெள்ளி, பூமி, செவ்வாய், சந்திரன் இவற்றின் சராசரி அடர்த்திகளில் உள்ள வேறுபாடுகளை இவற்றின் இரும்பு உலோக உள்ளடக்கத்திலுள்ள வேறுபாடுகளின் காரணமாய் எழுபவை என்று கொள்ள வேண்டியிருக்கும். இடைநிலேக் கோளங்களின் மேற்பரப்பு சூடடைந்தபோது சிலிகேட்டுகளில் ஒரு பகுதி ஆவியாகியதால்தான் இக்கிரகங்களின் அடர்த்திகள் வேறுபடுகின்றன என்று காரணம் கூறுகிருர். ஆனுல் இதில் எதிர்படும் பல சிக்கல்களும் அவரை இந்தச் சூடடையும் நிகழ்ச்சிப்போக்குக்குப் புதுப் புதுக் காரணங்களேயும் புதுப்புது வடிவங்களேயும் கண்டு பிடித்துக் கூறும்படி நிர்பந்திக்கின்றன.

திடப்பொருள்கள் ஒன்றுதிரண்டதன் மூலம்தான் கிரகங்கள் உருவாயின என்ற கருத்தை பிரிட்டிஷ் விஞ்ஞானிகளான எட்ஜ்வொர்த் [Edgeworth] *(1949)*, ஹோயில் [Hoyle] *(1955)*, கோல்ட் [Gold] *(1956)* என்பவர்களும் முன்வைக்கின்றனர். 1950ஆம் ஆண்டுகளில் இக்கருத்து பரவலான அங்கீகாரம் பெற்றது. பூமியின் கட்டமைப்பு பற்றிய புதிய விவரங்களது மதிப்பீட்டின் முடிவில் பிரபல புவிபெளதிகவியலாளரான பேராசிரியர் குட்டென்பர்க் [B. Gutenberg] 1956ல் இவ்வாறு எழுதினுர்: ''மேலும் மேலும் கூடுதலான வானியல்-பெளதிக, புவி-பெளதிகவியலாளர்கள், குளிர்ந்த பொருள்கள் சிறிது சிறிதாய் ஒன்றுதிரண்டதன் வாயிலாகவே பூமி உருவாயிற்று என்று எண்ணுகிருர்கள்; புவியியலாளர்கள் பலரும் பூமியானது

முற்றிலும் உருகிய நிலையில் எக்காலத்திலும் இருந்த தில்லையெனக் கூறுகிறார்கள்.''

ஸ்வீடன் தேசத்து பௌதிகவியலாளரான ஆல்வெனின் [Alfvén] விண்கோளியல் கருதுகோள் ஒரு பிரத்தியேக இடம் வகிக்கிறது. கிரகங்கள் உருவான பொழுது சூரியனுக்குக் கணிசமான காந்தப் புலன் [magnetic field] இருந்தது என்றும், எந்த வாயுப் பொருளிலிருந்து கிரகங்கள் தோன்றினவோ இவ்வாயுப் பொருள் ஓரளவுக்கு அயனிமயமாக்கப்பட்டது [ionized] என்றும், ஆகவே கிரக மண்டலம் உருவான நிகழ்ச்சிப்போக்கில் மின் காந்த சக்திகள் ஆக்கம் செலுத்தின என்றும் அவர் நம்புகிறார். ஆல்வென் இந்நிகழ்ச்சிப்போக்கைப் பின்வருமாறு கற்பனை செய்கிறார். அண்ட வாயுப் படலம் சூரியனின் ஈர்ப்பு சக்தி காரணமாய் அதனை நோக்கி இழுக்கப்பட்டது. பல்வேறு வாயுக்களின் அணுக்கள் மோதிக்கொண்டதன் விளைவாய் அவை படிப்படியாய் அயனிமயமாக்கப்பட்டன. அவை மின் ஏற்றம் பெற்றதும் சூரியனின் காந்தப் புலன் அவை சூரியனை நோக்கி இழுக்கப்பட்ட வேகத்தைக் குறையச் செய்து, அவற்றைச் சூரியனைச் சுற்றிச் சுழல வைத்தது; இதனுடன்கூடவே சூரியன் தனது கோணக உந்து விசையில் ஒரு பகுதியை அவற்றுக்கு அளித்திட்டது, அதாவது அதன் சுழற்சி வேகம் குறையலாயிற்று. இந்நிகழ்ச்சிப்போக்கின்போது ஆதிநிலை வாயுப் படலம் அதன் இரசாயன இயைபிற்கு ஏற்றபடி பிரிந்திருக்க வேண்டும்; அதாவது, எளிதாக அயனிமயமாக்கப் படக் கூடிய வாயுக்கள், குறிப்பாக இரும்பும், சிலிக்கனும் ஏனையவற்றுக்கு எல்லாம் முதலாவதாய், சூரியனிடமிருந்து நெடுந் தொலைவிலேயே நின்றிருக்க வேண்டும்.

அடுத்தபடியாக, சூரியனுக்குச் சற்று அருகில் கரிமம் [carbon], அதன்பின் ஹீலியம், அயனிமயமாவதற்குப் பிற வற்றைவிட மிகுதியான ஆற்றல் தேவைப்படும் நீரகம் [hydrogen] கடைசியில் சூரியனுக்கு மிக அருகாமையில் நின்றிருக்க வேண்டும். ஆனுல் உண்மையில், நாம் காண் பது இதற்கு எதிர்மாருகத்தான் இருக்கிறது. சூரியனுக்கு மிக அருகில் உள்ள கிரகங்களில் அதிக அளவு சிலிக்கனும் இரும்பும் இருக்கின்றன; மிகத் தொலேவில் உள்ளவற்றில் நீரகம் நிரம்பியிருக்கிறது. இந்த முரண்பாட்டை விளக் குவதற்கு, வாயுப் படலம் பிரிந்த பின்பு, அதன் உள், வெளிப் பகுதிகளில் சிறு அளவில் இருந்த ஏனைய இரசாயனத் தனிமங்களிலிருந்து [chemical elements] கிரகங் கள் உருவாயின என்று அவர் கூறவேண்டியதாயிற்று. இவ்விதமாக, ஆல்வெனின் கருதுகோளினது பிரதான கருத்துக்கேற்ப அந்தப் படலம் இரசாயன வழியில் பிரிந் ததற்கு முரண்பாடாய்க் கிரகங்கள் அவற்றின் இரசாயன இயைபைப் பெறலாயின என்ருகிறது. அவருடைய கருது கோள் ஏற்கப்படவில்லே; அவருடைய மேலே கூறிய கருத்தும், அவருடைய ஏனைய கருத்துக்களும்—உதாரண மாகச் சூரியனுக்குத் தற்பொழுது உள்ளதுபோல் பல் லாயிரம் மடங்கு சக்தி வாய்ந்த காந்தப் புலன் பழங் காலத்தில் இருந்தது என்னும் கருத்தும் — செயற்கை யானவையாக இருப்பதே இதற்குக் காரணம்.

* * *

1920-40ஆம் ஆண்டுகளில் சோவியத் வானியலாளர் கள் 19ஆம், 20ஆம் நூற்ருண்டுகளேச் சேர்ந்த மேலேய விஞ்ஞானிகளின் விண்கோளியல் கருத்துக்களே விமர்சித்து ஆராய்ந்தனர்.

பேரவை விஞ்ஞானி பெசேன்கவ், 1920-30ஆம் ஆண்டுகளின் துவக்கப் பகுதியிலிருந்தே விண்கோளியல் ஆராய்ச்சிகளில் ஈடுபட்டு வந்துள்ளார். முதலில் அவர் சுழிகளிலிருந்தே கிரகங்கள் உருவாகியிருக்கும் என்று ஊகித்து வந்தார். 1936க்குப் பிறகு சூரியன் வேகமாய்ச் சுருங்கியதால் அதன் சுழற்சி வேகம் திடீரென்று அதிகரித்ததன் விளைவாய்ச் சூரியனிடமிருந்து வெப்பமிக்கக் கிரக மண்டலத் திரட்சிகள் பிரிந்தன என்ற கருதுகோளை முன்வைத்தார். 1951ஆம் வருடத்திலிருந்து, முன்பு நாம் குறிப்பிட்டதுபோல், அவருடைய கருத்துக்கள் கெய்ப்பரின் கருத்துக்களுக்கு நெருங்கியவையாகி வந்தன. கிரகங்கள், விண்கற்கள், கிரகங்களுக்கு இடையிலான அண்டவெளிப் பொருள், செக்கர்வானம் [zodical light] ஆகியவை பற்றி அவர் பல ஆராய்ச்சி நூல்கள் எழுதியுள்ளார்.

பேரவை விஞ்ஞானி ஷ்மித், பூமி வெப்பமிக்க சூரிய வாயுத் திரட்சி சுருங்கி இறுகியதால் உருவாகவில்லை என்றும், ஏராளமான திடக்கோளங்கள் சிறிது சிறிதாய் ஒன்றுசேர்ந்ததால்தான் உண்டாயிற்று என்றும் காட்டினார்; மேலும் ஆரம்பத்தில் பூமி ஒப்பளவில் குளிர்ந்த நிலையிலேதான் இருந்ததென்று கூறினார். இவருடைய ஆராய்ச்சிப் பணிகள் பலரையும் வெகுவாகக் கவர்ந்து சோவியத் யூனியனில் விண்கோளியல் ஆராய்ச்சித் துறையில் நாட்டம் மேலும் அதிகமாகும்படிச் செய்தன. 1943ம் ஆண்டில், ஷ்மித் முதன்முதலாய் இத்திசையிலே தமது ஆராய்ச்சிகளைத் தொடங்கி, முன்னோடியாக அமைந்து புதிய பாதையைச் செப்பனிட்டார். சில வருடங்களுக்குப் பிறகு உலக முழுவதிலும் கிரக விண்கோளியல் இதே பாதையை மேற்கொண்டுவிட்டது என்பதுதெளிவாகியது.

ஷ்மித்தும் அவருடைய சக ஆராய்ச்சியாளர்களும் ஆற்றிய பணிகளின் விளைவாய் பூமியின், கிரக மண்டலம் முழுவதின் தோற்றம் பற்றிய தத்துவத்துக்குப் பொருள் முதல்வாத அடித்தளங்கள் நிறுவப்பட்டன.

3. கிரகங்கள் உருவானது பற்றிய ஷ்மித்தின் தத்துவம்

தற்போது பூமியாகவும் ஏனைய கிரகங்களாகவும் அமைந்திருக்கும் பொருளானது சிக்கலான நீண்ட நெடிய வளர்ச்சிக்கு உள்ளானதாகும். இந்த வளர்ச்சிப்போக்கின் பல்வேறு கட்டங்களில் கிரக மண்டலம் தன் பல்வேறு பண்புகளையும் பெறலாயிற்று. ஆகவே கிரகங்களுடைய தற்போதைய இயல்புகளைப் பகுத்தாராய்வதன் மூலம் கிரகங்களது பொருளின் வளர்ச்சியைச் சித்தரிக்கலாம்; கிரகங்கள் உருவான நிகழ்ச்சிப்போக்கை ஊகித்தறியலாம்.

கிரகங்கள் ஏறத்தாழ ஒரே தளத்தில் அமைந்த வட்டச் சுழற்பாதைகளில் சூரியனைச் சுற்றி வருவதானது, தற்போதைய கிரக மண்டலம் பூராவும் விரவிப் பரவி யிருந்த பொருளிலிருந்து கிரகங்கள் தோன்றியிருக்க வேண்டும் என்பதைச் சுட்டிக் காட்டுகிறது. இவ்வாறு பரவியிருந்த பொருள் தூசு அல்லது வாயுவாலான தொடர்ச்சியான ஊடகமாக இருந்ததென்றும், இதிலிருந்து கிரகங்கள் ஒன்றுதிரண்டனவென்றும் லாப்லாசும் கான்டும் கொண்டனர். ஆனுல் ஷ்மித் கூறியது போல கிரகங் களுக்கு ஆதிமூலமான பொருள் எண்ணற்ற கோளங்களைக் கொண்ட ஒரு திரளாக இருந்திருக்க வேண்டும் — இக் கோளங்கள் பல்வேறு சுழற்பாதைகளில் ஓடிக் கொண்

டும், அதேபோதில் சூரியனைச் சுற்றி வந்த இத்திரளின் பொதுவான சுழற்சியில் பங்கு கொண்டும் இருந்திருக்க வேண்டும்.

கிரகங்களின் இயைபு பற்றிய விவரங்களை ஆராய்வதன் மூலமாகவும், நாம் மேலும் பல ஊழிகளுக்கு முற்பட்ட காலங்களினுள் சென்று, இந்தத் திரள் கட்டத்துக்கும் முன்பு கிரக மண்டலப் பொருள் இருந்த நிலை என்னவென்பதைத் தெளிவுபடுத்தலாம். கிரகம் உருவாகிய நிகழ்ச்சிப்போக்கில் ஆவியாதலும், சுருங்கி இறுகுதலும் முக்கியப் பங்காற்றின என்பது தெரிய வந்துள்ளது. திடப் பொருள்களும், வாயுப் பொருள்களும் இல்லாமல் இந் நிகழ்ச்சிகள் நடந்தேறியிருக்க முடியாது. எனவே கிரகங்கள் உருவாவதற்குக் காரணமான ஆதிமூலப் பொருள் வாயு-தூசுப் படலமாகத்தான் இருந்திருக்க வேண்டும்.

ஆதிமூலக் கிரகப் படலத்தின் பரிணாம வளர்ச்சி, கிரகங்கள் உருவான நிகழ்ச்சிப்போக்கு இவற்றின் தலைமையான இயல்புகளை ஷ்மித்தும் ஏனைய சோவியத் விஞ்ஞானிகளும் (குரேவிச், சப்ரோனவ், ருஸ்கோல், லெபெதீன்ஸ்கிய், லேவின்) தெளிவுபடுத்தியிருக்கிறார்கள். இந்நிகழ்ச்சிப் போக்கு முழுவதையும் இரண்டு முக்கியக் கட்டங்களாகப் பிரிக்கலாம். ஆதிகாலத் தூசுத் துகள்களுக்கும் இன்றைய கிரகங்களுக்கும் இடைப்பட்ட ஒப்பளவில் பெரியவையான இடைநிலைக் கோளங்களாகிய ஒரு பெருந் திரள் அந்த ஆதிமூலப் படலத்தில் உருவாதல் முதல் கட்டம்; இந்த இடைநிலைக் கோளங்கள் ஒன்றுதிரண்டு கிரகங்களாகியது இரண்டாவது கட்டம்.

இந்தப் பரிணாம வளர்ச்சிக்கு மூலக் காரணமாய் அமைந்து அதனை இயக்குவித்தவை வருமாறு: முதலாவ

தாக, ஈர்ப்பு சக்தியின் [gravitation] செயற்பாடு; இரண்டாவதாக, இயக்கு ஆற்றல் வெப்ப ஆற்றலாக மாற்றப்படுதல்; மூன்ருவதாக, பௌதிக-இரசாயன சக்திகளின் செயற்பாடு. இந்த மூன்ருவது காரணக் கூறு ஆதி மூலப் படலத்தினது பரிணமத்தின் முதல் கட்டத்தில் தலேயாய முக்கியத்துவம் வாய்ந்ததாகும்.

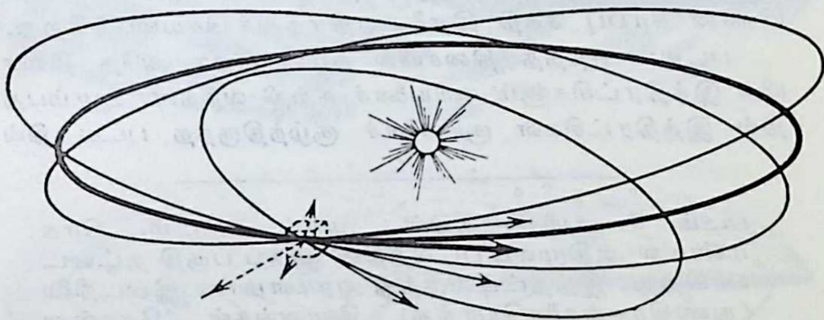
ஆதிமூலக் கிரகப் படலத்தினது வளர்ச்சிப் போக்கின் முதல் கட்டம் அது தோன்றிய நிகழ்முறையுடன் நெருங்கிய தொடர்பு கொண்டது. (பார்க்க: அத்தியாயம் 4ஐ). இந்த நிகழ்முறை இன்னும் அறியப்படவில்லே. படலத்தின் தோற்றம் குறித்த ஒவ்வொரு கருதுகோளிலும் அதன் தொடக்கக் கட்டம் பற்றிய விளக்கம் அதன் அடுத்த வளர்ச்சிப் போக்குக்குப் பொருந்த இசைவிக்கப்படுகிறது. வெவ்வேறு கூற்றுக்களில் சிக்கித் தடுமாற்றம் அடையாதிருக்கும் பொருட்டு, ஒரு குறித்த காலம்வரை சூரியன் தன்னேச் சுற்றிச் சுழன்று கொண்டிருந்த ஆதிமூலக் கிரகப் படலத்தால் சூழப்பட்டிருந்தது என்றும் அதில் வாயுவும் தூசும் முழுவதும் பரவியிருந்தன என்றும் அனுமானித்துக் கொண்டு நமது வேலேயை எளிதாக்கிக் கொள்வோம். ஆதிமூலக் கிரகப் படலம் சுழன்று கொண்டிருந்ததால், அதன் வடிவம் தட்டையாய் இருந்தது. இதன் மைய (மத்தியரேகை) தளம்தான் பக்கம் 22லும் அட்டவணே 1லும் குறிப்பிடப்பட்டுள்ள பிரதான தளம் ஆகும். தூசுத் துகள்கள் இந்த மையத் தளத்தில் படிந்ததிலிருந்தே படலத்தின் வளர்ச்சிப்போக்கு தொடங்கியது.

ஆதிமூலக் கிரகப் படலத்தின் துகள்களுடைய இயக்கத்தை இருவகையாகப் பிரிக்கலாம்: ஒன்று சூரியனேப் படலம் அனேத்துமாய்ச் சேர்ந்து சுற்றிவரும் இயக்கம்;

மற்றொன்று ஒவ்வொரு துகளின் தாறுமாறான இயக்கம். துகள்களின் இந்தத் தாறுமாறான இயக்கத்தின் சராசரி வேகம் அதிகமாக அதிகமாக, அவை எடுத்துக் கொள்ளும் இடத்தின் பருமன் மேலும் மேலும் கூடுதலாகிவிடுகிறது. சூரியனைச் சுற்றி மூடிய சுழற்பாதைகளில் தடையின்றி துகள்கள் சுழலும் நிலைமைக்குப் படம் 8 விளக்கம் தரு கிறது. பெருந் திரளான துகள்கள் ஒன்றோடொன்று அடிக் கடி மோதித் தமது பாதைகளிலிருந்து புரண்டு செல்வ தானாலும், அதாவது ஒரு சுழற்பாதையிலிருந்து வேறொன் றுக்கு மாறிவிடுவதானாலும் இந்த விளக்கம் பொருந்தும். அடுத்தடுத்து வரும் இரு மோதுதல்களுக்கு இடையிலுள்ள நேரத்தில் ஒவ்வொரு துகளும் அதன் சுழற்பாதையில் சிறிது தூரம் செல்கிறது என்றாலுங்கூட, தாறுமாறான இயக்கத்தின் வேகங்களுக்கும் துகள் திரள் அனைத்தின் பருமனுக்குமுள்ள உறவின் தன்மை, மோதல்களே இல்லாதபோது இருக்கக் கூடியது போன்றதே ஆகும்.

படம் 8. துகள்களுடைய தாறுமாறான இயக்கத் திற்குரிய வேகங்களுக்கும் அவற்றின் பாதைக ளுடைய பருமனுக்குமுள்ள உறவைக் காட்டும் படம்:
(அ) தாறுமாறான வேகங்கள் உயர்வாயுள்ளன;
(ஆ) தாறுமாறான வேகங்கள் குறைந்துள்ளன.
மெல்லிய அம்புக்குறிகள் தனித்தனித் துகள்களு டைய வேகங்களைக் காட்டுகின்றன; பருத்த அம்புக் குறிகள் பொதுவான சுழல் இயக்கத்தின் வேகத்தைக் குறிக்கின்றன; புள்ளிக்கோடு அம்புக்குறிகள் துகள் களுடைய வேகங்களது உறுப்புகளைக் காட்டுகின்றன

அ



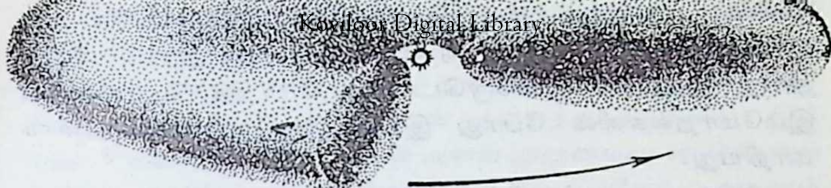
ஆ

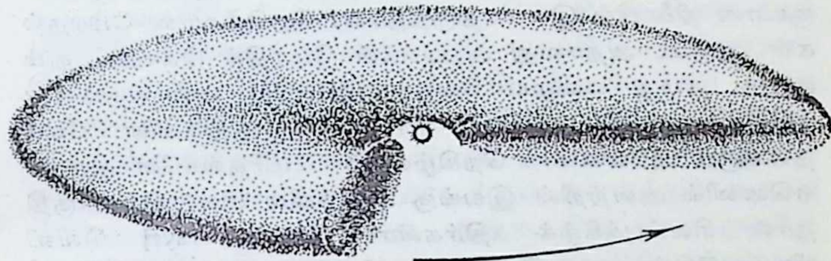
வாயு-தூசுப் படலத்தில் உள்ள தூசுத் துகள்கள் வாயு மூலக்கூறுகளைவிட அதிக நிறையுடையவையானதால், அவற்றின் தாறுமாறான இயக்கத்தின் வேகங்கள் இலேசான வாயு மூலக்கூறுகளுடையவற்றைக் காட்டிலும் குறைவாக இருந்திருக்க வேண்டும். எனவே தூசுத் துகள்கள், படலத்தின் மையத் தளத்தில் ஒன்றுசேர்ந்து, சுழலும் தட்டாக அமைந்துவிட்டன (படம் 9).

துகள்கள் தட்டையான இந்தத் தட்டில் குவிந்த பிறகு அவற்றினிடையே உள்ள இடைவெளிகள் குறைந்தன; அதே சமயத்தில் அவற்றின் பரஸ்பர ஈர்ப்பு அதிகமாயிற்று. பின்பு இத்தட்டு போதுமான அளவிற்கு இறுகியதும் அதனுள் ஏராளமான திரட்சிகள் தோன்றத் தலைப்பட்டன. இவற்றை அழிக்க முயன்ற சூரியப் பேரலைவு சக்தியை [tidal force] இத்திரள்கள் தாக்குப்பிடிக்கக் கூடியனவாய் இருந்தன. சூரியன், அதற்கு அருகிலிருந்த திரட்சியின் பகுதியைப் பலமாகக் கவர்ந்து அவற்றை நீட்டியிழுக்கவும் பிய்க்கவும் முயன்றதே அதன் அழிவு சக்திக்குக் காரணம். ஆனால் திரட்சியின் துகள்களிடையிலான ஈர்ப்பு சக்தி இதனை எதிர்த்துச் செயல்படுகிறது.

படலம் எந்தத் திசையில் சுழன்றதோ அதே திசையில் இத்திரட்சிகளும் சூரியனைச் சுற்றி வந்தன. ஆரம்பத்தில் இத்திரட்சிகள் சூரியனைச் சூழ்ந்திருந்த படலத்தில்

படம் 9. பரிணாமத்தின் முதல் கட்டம். கிரக மண்டல ஆதிமூலப் படலத்தின் தூசுப் பகுதி தட்டையாகிறது. இத்தட்டிலிருந்து ஏராளமான இடைநிலை (நுண்கிரகங்களையொத்த) கோளங்கள் தோன்றுகின்றன









தனிப்பட்ட துகள்களின் திரள்களாக, ஆங்காங்கே உரு வான அடர்வுகளாக இருந்தன. ஒவ்வொரு திரட்சியிலும் தூசுத் துகள்கள் ஒன்றோடொன்று மோதிக் கொண்டன. இம்மோதல்களின் போது இயக்கு ஆற்றல் வெப்பமாக மாறியது.

வாயு அணுக்களின் மோதல்கள் (இவ்வாயுக்கள் சூடான நிலையில் இல்லாதிருந்தால்) நெகிழ்வான மோதல் கள் ஆகும்; அதாவது அணுக்கள் மோதிக் கொண்டதும் அவை தமது பழைய வேகங்களிலேயே எதிர்த்தடித்து ஓடுகின்றன. இதேபோல் வாயு மூலக்கூறுகளின் மோ தல்களும் அனேகமாக நெகிழ்வான மோதல்களே ஆகும்; ஏனெனில் அவற்றின் இயங்கு ஆற்றலில் மிகச் சிறு பகுதி தான் சிவப்புக்கீழ்க் கதிர்களாக [infra-red rays] வெளி யிடப்படுகின்றது. இவ்வாறு இழக்கப்படும் ஆற்றலுங் கூட, இந்த வாயுவின் வழியாகச் சூரியனுடைய கதிர்கள் செல்லும்பொழுது திரும்பவும் கிடைத்துவிடக் கூடும். சூரியனுடைய கதிர் ஆற்றலை இவ்வாயு கிரகித்துக் கொள் கையில் அப்பொழுது ஒரு பகுதியைத் திரும்பவும் வெளி யிட்டுவிட்டு, மற்றொரு பகுதியைத் தனது மூலக்கூறு களுடைய இயங்கு ஆற்றலாக மாற்றிக் கொண்டுவிடு கிறது. திடத் துகள்களிடையிலான மோதல்கள் நெகிழ் வற்ற மோதல்கள் ஆகும். இம்மோதல்களால் அவற்றின் ஒப்புநிலை வேகங்கள் குறைகின்றன. மோதிக் கொள்ளும் போது இத்துகள்கள் வெப்பமடைகின்றன; இவற்றின் இயங்கு ஆற்றலில் கணிசமான பகுதி வெப்ப ஆற்றலாக மாற்றப்படுகிறது. பிறகு இந்த வெப்ப ஆற்றல் அண்ட வெளியில் கதிர்வீச்சின் மூலம் பரப்பப்படுவதால், அதனை இத்திரட்சி அமைப்பு இழக்க நேரிடுகிறது.

இவ்விதமாகத் தூசுத் திரட்சிகளிலுள்ள துகள்களிடையே நிகழும் மோதல்களைத் தொடர்ந்து, அவற்றின் ஒப்புநிலை வேகங்கள் குறைந்துவிடுகின்றன. இதன் விளைவாய் இத்திரட்சிகள் பருமன் குறைந்து சுருங்கின. இத்திரட்சிகள் சுழலாதிருந்தால் அவை முழுமையான கோளங்களாக எளிதில் மாறியிருக்கும். நடப்பிலோ, சுழலும் தூசுத் துகள் தட்டாக உருவான திரட்சிகள் தொடக்கத்திலிருந்தே மெதுவான அச்சுவழிச் சுழற்சி பெற்றிருந்தன. இவை எந்த அளவுக்குச் சுருங்கி இறுகினவோ அந்த அளவுக்கு (கோணக உந்து விசை நிலைப்பு விதிக்கு இணங்க) இவற்றின் சுழற்சி விரைவாயிற்று. மேற்கொண்டு இறுகுவதைத் தடைப்படுத்தத் தொடங்கும் அளவுக்குச் சுழற்சி வேகம் அதிகரிக்க முடிந்தது. ஆனால், திரட்சிகள் ஒன்றோடொன்று மோதி ஒன்று கலந்ததனுல் அவற்றின் நிறையும் எனவே அவற்றின் ஈர்ப்பு சக்தியும் அதிகரித்தன. தற்போதுள்ள நுண்கிரகங்களின் பருமனுள்ள சில பத்து கிலோ மீட்டர்களிலிருந்து சில நூறு கிலோமீட்டர்கள் வரை விட்டமுள்ள திடக் கோளங்களாக மாறலாயின.

படலத்தின் சில பகுதிகளில் தூசுத் துகள்கள் மோதியவுடன் அவை ஒன்றோடொன்று ஒட்டிக்கொள்வதும் சாத்தியமே என்று வெகுகாலத்துக்கு முன்பே ஊகிக்கப்பட்டது. காற்று இல்லாத இடவெளி நிலவுகையில் எல்லாத் தூசுத் துகள்களுமே இவ்வாறு ஒட்டிக்கொள்கின்றன என்பது அண்மை ஆண்டுகளில் ஆய்வுக்கூடப் பரிசோதனைகளால் தெளிவாக்கப்பட்டிருக்கிறது. ஆதிமூலக் கிரகப் படலத்தில் வாயுக்கள் மிக மிக அடர்த்தி குறைவாயிருந்தன. எனவே தூசுத் துகள்கள் இருந்த நிலைமைகள் காற்று இல்லாத இடவெளியின் நிலைமைகளிலிருந்து பெரிதும்

வேறுபட்டிருக்கவில்லை. ஆகையால் ஆதிமூலக் கிரகப் படலத்தில் தூசுத் துகள்களின் ஒட்டுதல் எங்குமே நிகழ்ந் திருப்பது சாத்தியமே. ஆயினும், தூசுத் துகள்களாலான திரட்சிகள் உருவாகத் தொடங்கு முன்பே நுண்கிரகங் களையொத்த கோளங்கள் இந்த நிகழ்முறையின் விளைவாக உருவாக முடிவதற்கு ஒரு நிபந்தனை இன்றியமையாதது. அதாவது, படலத்தில் தாறுமாறான கொந்தளிப்பு இயக் கங்கள் ஏதோ ஒரு காரணத்தால் நீடித்த காலத்துக்குத் தொடர்ந்து நிகழ்ந்தன. தூசுத் துகள்கள் மையத் தளத் தில் படிவதை இந்த இயக்கங்கள் தடை செய்தன. அதே சமயம் தூசுத் துகள்களுக்கும் அவற்றிலிருந்து வளர்ந்து வந்த கோளங்களுக்கும் மோதுவதற்கு இவை உதவின. கொந்தளிப்பு இயக்கங்கள் நீடித்த காலம் தொடர்ந்து நிகழாதிருந்து, இதற்கு மாறாக தட்டையாகும் நிகழ்ச்சிப் போக்கு வேகமாக நிகழ்ந்தால் துகள்கள் ஒன்றோடொன்று ஒட்டிக் கொள்ளுதல் சொற்பமாகவே இருந்திருக்கும். அப்பொழுது துகள்களுக்கு இடையிலான தூரங்கள் குறை தலும், அவற்றின் பரஸ்பர ஈர்ப்பு அதிகமாதலும்தான் பிரதான காரணக்கூறாக இருந்திருக்கும்.

இது எவ்விதமாயிருப்பினும், ஒப்பளவில் பெரிய வையான ஏராளக் கோளங்கள் தூசுத் தட்டில் உருவாயின. இக்கோளங்கள் ஒன்றோடொன்று மோதிக் கொண்ட தால், இவை முற்றிலுமோ பகுதி அளவுக்கோ சிதைந்து விட்டன. ஆனால் சிதைந்த இத்துண்டங்கள் இன்னமும் ஒன்றுதிரளாத ஆதிநிலைத் துகள்களுடன் கூடிப் புதிய திரட்சிகளாக உருப்பெற்று, பிற்பாடு அவை புதிய கோளங்களாகச் சுருங்கிவிட்டன. சூரியனைச் சுற்றி வரு கையில் இக்கோளங்கள் சுற்றிலும் விரவிப் பரந்திருந்த

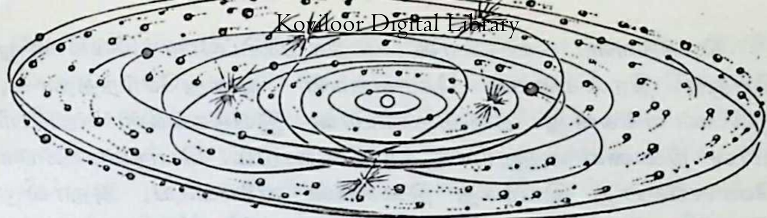
பொருளைத் தம்முடன் ஒன்றுசேர்த்துக் கொண்டு விரைவில் பருமனில் அதிகரிக்கலாயின. மோதல்களினால் அழியாமல் தப்பித்துக் கொண்ட கோளங்கள், பெரிய அளவில் பருத்து வளர்ந்தன. பகுதியளவு சிதைந்த கோளங்களும் பிற்பாடு தோன்றிய கோளங்களும் வளர்ச்சியில் பிற்பட்டுவிட்டன. இவ்வாருக, சிறு துகள்களை ஒன்று சேர்த்துப் பருத்துப் பெருகிய பல்வேறு பருமன்களும் நிறைகளுமுடைய ஏராளமான கோளங்கள் இப்படலத்தில் தோன்றின. நுண்கிரகங்களையொத்த இக்கோளங்களின் திரளிலிருந்து கிரகங்கள் தோன்றிடும் இரண்டாவது பரிணுமக் கட்டம் ஆரம்பமாயிற்று.

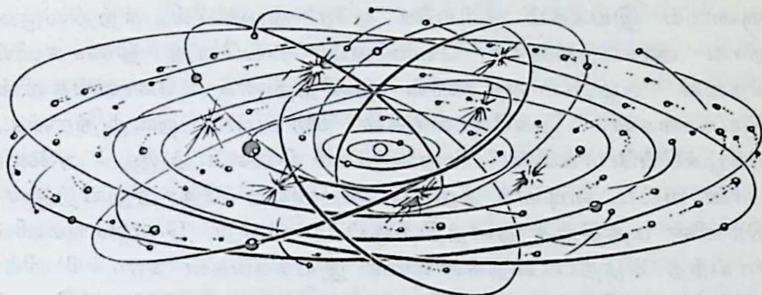
படலத்தினுடைய பரிணுமத்தின் முதல் கட்டத்தில் உருவாகிய நுண்கிரகங்களையொத்த சில கோளங்கள் கிரகங்களின் ''கருக்களாக'' ஆயின. இவை ஒப்பளவில் பெரிய கோளங்கள். மேலும், பரிணுமத்தின் இரண்டாவது கட்டத்திலும் இவை மோதல்கள் மூலமாக அழியாமல் பிற கோளங்களைவிட துரிதமாய்ப் பருமனடைவதற்கு ஏற்ற இயக்கத்தைப் பெற்றிருந்தன. காலக்கிரமத்தில் இவை இன்றையக் கிரகங்களாக வளர்ச்சியுற்றன.

நுண்கிரகங்களையொத்த கோளங்கள் தூசுத் தட்டினுள் உருவாயின. ஆரம்பத்தில் இவை இத்தட்டின் தளத்தில் அமைந்த வட்ட வடிவமான சுழற்பாதைகளில் சென்றன. ஆனல் நிறை அதிகமாக அதிகமாக, இவை ஒன்றையொன்றும் மற்றும் ஆதிநிலைத் துகள்களின் மீதமிச்சமும் உடைந்த கோளங்களது துண்டுகளுமாக ஏற்கனவே மாறிவிட்ட விரவிப் பரந்த பொருளையும் கவர்ந்திழுக்கும் ஈர்ப்பு ஆற்றலும் அதிகரித்துச் சென்றது. நுண்கிரகங்

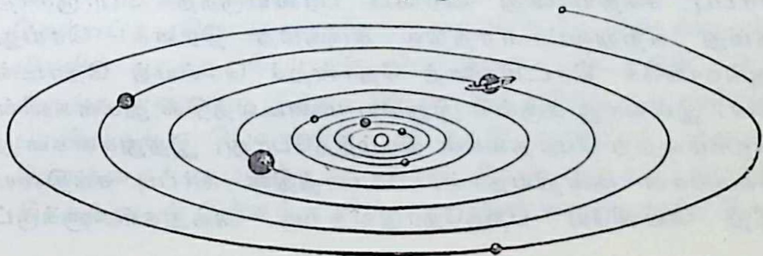
களையொத்த கோளங்களும் இந்தத் துகள்களும் சேர்ந்து தாறுமாருகச் சுற்றி ஓடிவந்தது, மேலும் மேலும் தீவிர மாயிற்று. இவற்ருலான திரளின் பருமன் அதிகரிக்கத் தொடங்கியது. ஆரம்பத்தில் தூசுத் தட்டின் தளத்துக்குச் சிறிதளவே சாய்ந்திருந்த ஏறத்தாழ வட்டமான சுழற் பாதைகளில் மேலும் மேலும் கூடுதலானவை, நுண்கிரகங் களையொத்த கோளங்களிடையிலான பரஸ்பர ஈர்ப்பின் விளைவாய் வெகுவாய்ச் சாய்ந்த நெடிய நீள்வட்டச் சுழற்பாதைகளாக நேர்ந்தது (படம் 10). இந்த நிகழ்ச்சிப் போக்கின்போது சிறு கோளங்களின் சுழற்பாதைகள் அதிக அளவுக்கும், பெரிய கோளங்களின் சுழற்பாதைகள் குறைவான அளவுக்கும் மாறின. சில துகள்களும் கோளங் களும் மிக மிக நெடிய சுழற்பாதைகளைப் பெற்றன. இதனுல் இவை சூரியனது தீப் பரப்புக்கு மிக அருகில் வந்தன. அவ்வாறு வரும்பொழுது இவை ஆவியாகிச் சூரியனைச் சூழ்ந்துள்ள வளிமண்டலத்தில் ஆவிப் படலங் களது வடிவில் சேர்ந்துவிட்டன. இவை சூரியனைச் சுற்றி வரும் பொதுச் சுழற்சியில் பங்கு கொண்டன. இவை ஏராளமாக இருந்திருக்கும் பட்சத்தில் சூரியனையும் அவற் றின் திசையிலேயே சுழலச் செய்வதற்குத் துணை புரிந் திருக்க வேண்டும்.

படம் 10. பரிணுமத்தின் இரண்டாவது கட்டம். இடைநிலைக் கோளங்களாலான தட்டையான அமைப்பு தடித்துப் பருத்து, இடைநிலைக் கோளங் களும் அவற்றின் துண்டங்களும் படிப்படியாக ஒன்று சேர்வதால் கிரகங்கள் உருவாகின்றன









கிரகங்கள் உருவான நிகழ்ச்சிப்போக்கின்போது பெருந் திரள்களான கோளங்கள் ஒன்றுசேர்ந்ததால், இக்கோளங்களது தனித்தனியான இயக்கங்கள் சராசரி யான நிலையை அணுகியிருக்க வேண்டும். பெரும்பாலான கோளங்களது இயக்கத் திசையின் விளைவாய், அதாவது திரளின் பொதுச் சுழற்சி திசையின் விளைவாய், கிரகங்க ளுடைய இயக்கம் சூரியனை ஒரே திசையில் சுற்றிவருவ தாய் அமைந்திருக்க வேண்டும். பல்வேறு திசைகளில் நெடிய சுழற்பாதைகளில் தனித்தனிக் கோளங்களின் இயக்கங்கள், இக்கோளங்கள் கிரகமாக ஒன்றுதிரண்ட நிகழ்ச்சிப்போக்கின்போது சராசரி நிலையை அணுகி அனேக மான வட்ட வடிவச் சுழற்பாதையைத் தோற்றுவித்தன. திரளின் மத்தியத் தளத்திற்குப் பல்வேறு கோணங்களில் சாய்ந்த சுழற்பாதைகளிலான இயக்கங்கள் சராசரி நிலை யை அணுகிவந்து, மத்தியத் தளத்தை ஒட்டினாற்போல் ஒரு தளத்தில் அமைந்த இயக்கங்களை உண்டாக்கின (படம் 10).

தொடக்கத்தில், நுண்கிரகங்களையொத்த கோளங்கள், அவற்றின் பரப்பின்மீது நேரடியாக மோதிய துகள்களின் வாயிலாய்ப் பருத்துப் பெரிதாயின. ஆனால் ஒப்பளவுக்குப் பெரிதாகிவிட்ட கோளங்கள் உருவானபின் அவற்றின் ஈர்ப்பு சக்தியானது விரவிப் பரவியிருந்த பொருளைத் தமது சுற்றுவட்டாரத்தில் சுருங்கித் திரளச் செய்து ஆங்காங்கே திரட்சிகளைத் தோன்றச் செய்யத் தொடங் கின. இவ்வாறு சுருங்கி இறுகிய மண்டலத்தில் துகள்களின் நெகிழ்வற்ற மோதல்கள் நிகழ்ந்தபோது, இத்துகள்களது வேகங்கள் குன்றியதால், கோளத்தின் ஈர்ப்பு சக்தியை மீறி வெளியே பறந்தோடுவதற்கு அத்துகள்களுக்குப்

போதிய பலம் இருக்கவில்லை. இவ்வாறுதான் பெரிய கோளங்கள் — கிரகங்களின் ''கருக்கள்'' — இத்துகள்களைக் கவர்ந்து கைப்பற்றிக் கொண்டுவிட்டன, அதாவது அவற்றைத் தமது துணைக்கோள்களாக்கிக் கொண்டு விட்டன. பிற்பாடு இத்துகள்களில் பெரும் பகுதி அந்தக் ''கருக்களின்'' மீது விழுந்து அவற்றுடன் சேர்ந்துவிட்டன. துகள்களை இவ்வாறு கைப்பற்றிச் சேர்த்துக் கொள்வதானது ''கருக்கள்'' அவற்றின் வளர்ச்சியில் ஒரு கட்டத்தில் பருமனடைந்து பெரிதாவதற்குரிய வழிகளில் ஒன்றாகிவிட்டது. மிகப் பெரிய ''கருக்களின்'' விவகாரத்தில், உதாரணமாக பிரம்மாண்டக் கிரகங்களின் விவகாரத்தில், கைப்பற்றிச் சேர்த்துக் கொள்வதன் மூலமாய்ப் பருமனடைவது, துகள்களின் நேரடியாய் விழுவதினால் ஏற்பட்ட பருமன் அதிகரிப்பையும் மிஞ்சுவதாக இருந்திருக்கலாம்.

கிரகமாக உருவாகிவந்த கோளம் அதன் வளர்ச்சியின் இந்தக் கட்டத்தில் துகள்களின் திரளால் சூழப்பட்டிருந்தது. ஆனால் இது ஆதிநிலைத் தூசுத் தட்டில் ஏற்பட்ட திரட்சிகளைப் போல விரவிப் பரவிய திரளாய் இல்லாமல், உள்ளே பெரிய ''கருவைக்'' கொண்ட அடர்த்தியான திரளாக இருந்தது. இந்தத் திரளிலிருந்து துகள்கள் அந்தக் ''கருவின்'' மீது விழுந்து கொண்டிருந்தன. இதனால் திரள் தனது துகள்களை இழந்தது. இந்த இழப்பை ஈடு செய்யப் புதிய துகள்களைக் கைப்பற்றிக் கொள்வதற்கு விரவிப் பரந்த பொருள் போதுமான அடர்த்தி பெற்றிருந்த வரையில் இந்தத் திரள் நீடித்திருந்தது. விரவிப் பரவியிருந்த பொருளின் அடர்த்தி குறையக் குறைய, கிரகத்தைச் சூழ்ந்திருந்த துகள் திரள் மறைந்தொழிந்து கிரகத்துடன் இணைந்து விட்டது. இனி கைப்பற்றிச் சேர்ப்

பதன் மூலமாய்க் கிரகங்கள் பருமனடைவது முடிவுற்றது. அப்பொழுது பொருள் நேரடியாக விழுவதன் மூலம் பருமன் அடையும் முறை மட்டும்தான் எஞ்சியிருந்தது. இன்று இந்நிகழ்ச்சிப்போக்கு பெரும்பாலும் நின்று விட்டது.

சப்ரோனவ் [Safronov] செய்த *(1960)* கணக்கீட்டின்படி பூமியானது திரட்சியுறுவதற்கு ஏறக்குறைய 20 கோடி ஆண்டுகள் பிடித்தன. இந்தக் காலத்தில் பூமியின் நிறை அதன் தற்போதைய நிறையின் 97-98 சதவிகிதத்தை எட்டிவிட்டது. பூமியின் வயது சுமார் 450 கோடி ஆண்டுகள் என்பதை நினைவில் கொண்டால், பூமி அனேகமாகத் தன் ஆயுட்காலம் முழுதும் கிட்டத்தட்டத் தற்போதைய அளவுகள் கொண்ட கோளமாகவே நிலவி வந்திருக்கிறது என்று ஆகிறது.

பௌமியக் கிரகங்கள் தங்கள் சுழற்பாதைகளின் பிரதேசத்தில் இருந்த அனேகமாக எல்லாத் திடப்பொருளையும் உட்கொண்டுவிட்டன என்று தோன்றுகிறது.* ஆனல் பிரம்மாண்டக் கிரகங்களின் விவகாரம் வேறு. பிரம்மாண்டக் கிரகங்களின் பிரதேசத்தில் — சூரியனிடமிருந்து நெடுந் தொலைவில் — சூரியனது ஈர்ப்பு சக்தி அதிகம் அல்ல. எனவே வியாழன், சனி, யுரேனஸ், நெப்டியூன் ஆகிய கிரகங்கள் தற்போதைய நிறையை அடையும் முன்னரே அவற்றின் ஈர்ப்பு சக்தி மிக அதிகமாக இருந்தது.

---

*செவ்வாய் மட்டுமே இதற்கு விலக்கு. பேரளவான வியாழனின் அருகாமை காரணமாகச் செவ்வாய் தனக்குச் சேர வேண்டிய பொருளின் ஒரு பகுதியை ''முழுதும் பெறவில்லை'' போலும்.

ஆகையால் அவை தங்கள் அருகே சென்ற சிறு கோளங்களின் சுழற்பாதைகளைத் தீவிரமாக மாற்றத் தொடங்கின. இந்தச் சிறு கோளங்கள் கிரக மண்டலத்தின் எல்லைகளுக்கு வெளியே எறியப்பட்டிருக்கலாம், சூரியனின் ஈர்ப்பு சக்தியைத் தாண்டி என்றென்றைக்கும் அதனிடமிருந்து அப்பால் சென்றும் இருக்கலாம். பிறகு, பிரம்மாண்டக் கிரகங்களின் பிரதேசத்திலிருந்து வெளியே எறியப்படும் கோளங்களின் எண்ணிக்கை அவற்றோடு சேர்ந்து அவற்றின் நிறை மேலும் அதிகரிக்கும்படி செய்யும் கோளங்களின் எண்ணிக்கையைவிட மிகுந்துவிட்ட காலம் வந்தது. இவ்வாறாக, பிரம்மாண்டக் கிரகங்களின் பருமனடைவது தடைப்பட்டதற்குக் காரணம், அவை உருவான பிரதேசத்தில் விரவிப் பரந்திருந்த பொருள் எல்லாவற்றையும் அவை உட்கொண்டுவிட்டது அல்ல, தங்களது ஈர்ப்பு சக்தியின் பாதிப்பினால் அவை இடையிலிருந்த எல்லாக் கோளங்களையும் கோளத் துண்டுகளையும் இந்தப் பிரதேசத்திலிருந்து வெளியே எறிந்துவிட்டதுதான்.

தூரம் அதிகரிப்பதற்கு ஏற்ப ஈர்ப்பு சக்தி விரைவாகக் குறைகிறது. சனியின் சுழற்பாதை அருகே சூரியனது ஈர்ப்பு வியாழனின் சுழற்பாதை அருகே உள்ளதைவிடக் குறைவு. யுரேனஸ், நெப்டியூன் கிரகங்களின் சுழற்பாதைகளின் அருகிலோ இன்னும் குறைவு. இதற்கு ஏற்ப, சிறு கோளங்களின் சுழற்பாதைகள் மாறுவது யாவற்றிலும் தொலைவில் உள்ள கிரகங்களின் பிரதேசத்தில் யாவற்றிலும் எளிதாக நிகழ்ந்தது. வியாழனின் அருகிலோ, இவ்வாறு நிகழ்வது மிக மிகக் கடினமாயிருந்தது. அதனால்தான் வியாழன் பெருத்த நிறையை அடைந்த பின்னரே தன்னைச் சூழ்ந்த கோளங்களை நாற்புறமும்

வீசி எறிந்தது. சூரியனிடம் இருந்து அதிகத் தொலைவில் உள்ள சனிக்கு நிறை குறைவாய் இருக்கையிலேயே அதனுல் இவ்வாறு செய்ய முடிந்தது. யுரேனசுக்கும் நெப்டியூனுக்குமோ அதைவிடக் குறைந்த நிறைகள் கொண்டிருக்கையிலேயே இது முடிந்தது. கிட்டத்திலிருந்து தொலைவுக்குப் போகப் போகப் பிரம்மாண்டக் கிரகங்களின் நிறைகள் படிப்படியாகக் குறைவதன் முக்கியக் காரணம் இதுதான் போலும். (நெப்டியூனின் நிறை யுரேனசினதைவிடச் சிறிது அதிகமாய் இருப்பது ஏன் என்பது இன்னும் விளங்கவில்லை.)

திடப் பொருளிலிருந்து கிரகங்கள் உருவாயின என்று கூறும் கருதுகோள்கள் யாவும் விண்கல் கருதுகோள்கள் [meteoritic hypotheses] என்று அழைக்கப்படுவது வழக்கமாயிருந்தது. உண்மையில் இவை குறிப்பது விண்கற்களாயிருப்பினும், நுண்ணிய தூசுத் துகள்களாயிருப்பினும், அல்லது இரண்டும் கலந்ததாயிருப்பினும் எல்லாமே பொதுவில் இவ்வாறு அழைக்கப்படலாயின. எனவே ஷ்மித்தின் கருதுகோளும் சில சமயங்களில் விண்கல் கருதுகோள் என்று அழைக்கப்படுகிறது. ஆனுல் சூரியனுக்கருகே இருந்த படலத்தின் ஆதிநிலைத் துகள்கள் தற்காலத்தில் பூமியின்மீது விழும் விண்கற்களின் அதே கட்டமைப்பையும் பருமனையும் கொண்டவை என்பதல்ல இதன் பொருள்.* விண்கற்களாவது நுண்கிரகங்களின்,

---

* ஆதிநிலைத் துகள்களையும் தற்போது பூமியின் மேற்பரப்பில் விழும் விண்கற்களையும் ஒன்ருகச் சேர்ந்து குழப்புவது 10-20 ஆண்டுகளுக்கு முன் சில தத்துவ விளக்கவுரைகளில் அனுமதிக்கப்பட்டது. ஆனுல் அது தவருனது.

அதாவது இடைநிலைக் கோள்களின், துண்டங்களே ஆகும். இவை செவ்வாய்க்கும் வியாழனுக்கும் இடையிலுள்ள பெரிய இடைவெளியில் இடங் கொண்டிருப்பதால்தான் இதுநாள் வரை அழியாதிருந்து வருகின்றன. எனவே ஆதிநிலைத் துகள்களுக்குப் பதிலாகத் தற்பொழுது பூமியின் நிறையில் மிகப் பெரும் பகுதியாய் அமைந்துள்ள பொருளை எடுத்துக்கொண்டால், இதை நாம் விண்கற் பொருள் என்று தயக்கமின்றி கூறலாம்.

வளர்ந்து பூமியின் ''கருவாக'' உருப்பெற்ற இடைநிலைக் கோளமும், அதையொத்த ஏராளமான பிற கோளங்களும் ஒன்றாகத் தோன்றி உருவானவை. இவை யாவும் தோன்றிச் சிதைந்து, திரும்பவும் துண்டங்களிலிருந்தும் ஆதிநிலைத் துகள்களிலிருந்தும் திரண்டவை. திரட்சிக்கும் சிதைவுக்கும் உள்ளாகாத ஆதிநிலைத் துகள்களின் எண்ணிக்கை வேகமாகக் குறைந்தது. விரைவில் பூமியின் ''கருவைச்'' சூழ்ந்திருந்தவற்றில் ஆதிநிலைத் துகள்களைக் காட்டிலும் அவற்றிலிருந்து உருவான கோளங்களும் துண்டங்களுமே அதிகமாக இருந்தன. நமது பூமி தற்பொழுதுள்ள அளவிற்கு வளர்வதற்கு முக்கியக் காரணம் ஆதிநிலைத் துகள்களல்ல, இந்தக் கோளங்களும் துண்டங்களுமேதான், அதாவது தற்கால விண்கற்களை ஒத்த இவையேதான்.

பரிணாமத்தின் இரண்டாவது கட்டத்தின் ஆரம்பத்தில், சூரியனுக்கு அருகாமையில் நுண்கிரகங்களையொத்த பருமன்களையுடைய கோளங்களின் பெருந்திரள் இருந்தது. தகுந்த நிலைமைகளில் இக்கோளங்கள் ஒவ்வொன்றும் வருங்காலத்தில் கிரகமாவதற்குரிய ''கருவாக'' மாறியிருக்க முடியும். சூரியனைச் சுற்றிலுமிருந்த இக்கோளங்

களில் சில ஏனையவற்றைக் காட்டிலும் வேகமாக வளர்ந்து கிரகங்களாயின. பேரவை விஞ்ஞானி ஷ்மித் சூரியனைச் சுற்றிக் கொண்டிருந்த இவற்றின் சுழற்பாதை களுடைய ஒப்புநிலைத் தொலைவுகளைப் பகுத்தாராய்ந் தார்.

வருங்காலக் கிரகம், தனது ''கருவை'' விடக் குறை வாகவோ, அதிகமாகவோ ஒப்புக் கோணக உந்து விசை கொண்ட துகள்களைக் கவர்ந்திழுத்துக் கொண்டது. இவ் வாறு கவரப்பட்ட பெரும்பாலான துகள்களுக்குக் குறை வான ஒப்புக் கோணக உந்து விசை இருந்தால், ''கருவின்'' ஒப்புக் கோணக உந்து விசையும் குறைந்தது. இதன் விளைவாய் அதன் சுழற்பாதையின் ஆரம் குறைந்தது. இதற்கு மாருகத் துகள்களின் ஒப்புக் கோணக உந்து விசை கள் அதிகமாயிருந்து ''கருவின்'' ஒப்புக் கோணக உந்து விசை பெருகியிருந்தால், அதன் சுழற்பாதை ஆரமும் படிப்படியாக அதிகமாயிற்று.

இரண்டு ''கருக்கள்'' ஒப்பளவில் நெருங்கிய சுழற் பாதைகளில் செல்வதாகக் கொள்வோம். அப்பொழுது இவ்விரு சுழற்பாதைகளும் படிப்படியாக விலகியிருக்க வேண்டும். சூரியனுக்கு அருகிலிருந்த ''கரு'' அதற்குள்ள தைவிடக் குறுகலான சுழற்பாதைகளைக் கொண்ட துகள் களைக் கைப்பற்றிப் பிரதானமாய் பருமனடைந்தது. அதிக அளவுடைய சுழற்பாதைகளைக் கொண்ட துகள்கள் சூரிய னிடமிருந்து இன்னும் தொலைவிலிருந்த ''கருவினல்'' தடுக்கப்பட்டு கவர்ந்து கொள்ளப்பட்டது. மறுதலையாகக் கூறுமிடத்து, அதிகத் தொலைவிலிருந்த ''கரு'' குறுகிய சுழற்பாதைகளையும் குறைந்த ஒப்புக் கோணக உந்து விசையையும் கொண்ட துகள்களைக் குறைவான எண்ணிக்

கையிலேதான் கவர்ந்து கொண்டது. இதனுல் முடிவில், முதலாவது ''கருவின்'' சுழற்பாதை சூரியனை நோக்கி நகர்ந்தது, இரண்டாவதன் சுழற்பாதை சூரியனிடமிருந்து விலகிச் சென்றது. எல்லாக் ''கருக்களும்'' அவற்றுக்கு ''இரை கிடைக்கும் மண்டலங்களின்'' மையத்துக்கு அவற்றின் இயக்கத்தின்போது நகர்ந்து வந்திருந்தால் சுழற்பாதைகளின் ஆரங்களில் மாற்றம் ஏற்படுவதற்குரிய போக்குக்கு முடிவுகட்டப்பட்டிருக்கும். ஆனுல் அண்டைக் கிரகங்கள் வெவ்வேறுன வேகங்களில் பருமனடைந்து வந்ததால், இந்தக் கட்டம் ஏற்பட முடியவில்லை.

வாயு-தூசுப் படலத்தில் ஒரே சீரான பொருள் வினியோகத்துடன் தொடங்குவோமானுல், ஒரு கிரகத்தைச் சூரியனிடமிருந்து அதற்கு அடுத்தபடியாக இருக்கும் மற்றொன்றுடன் ஒப்பிட்டுச் செல்கையில் ஒப்புக் கோணக உந்து விசை ஒரு அளவுக்கு அதிகரித்துச் செல்லும் என்பதை பேரவை விஞ்ஞானி ஷ்மித் தெளிவுபடுத்துகிறுர். கிரகத்தின் ஒப்புக் கோணக உந்து விசையானது, அக்கிரகத்தின் சுழற்பாதையினது ஆரத்தின் வர்க்க மூலத்திற்கு நேர்விகிதத்தில் உள்ளது. எனவே, கிரகங்களின் சுழற்பாதை ஆரங்களின் வர்க்க மூலங்கள் ஏறத்தாழக் கூட்டு விருத்தி வரிசையில் [arithmetical progression] அதிகரிக்கும்:

$$\sqrt{R_n} = a + b \times n.$$

கிரகங்கள் பௌமியக் கிரகங்கள் என்பதாகவும், பிரம்மாண்டக் கிரகங்கள் என்பதாகவும் வேறுபடுவதா

னது, ஆதிமூலக் கிரகப் படலத்தின் வெளிப்புற, உட்புற மண்டலங்களின் இயல்புகளுக்கு இடையிலுள்ள வேறு பாட்டைப் பிரதிபலிக்கிறது. ஆகையினுல் தொலேவில் உள்ள கிரகங்கள் சூரியனிடமிருந்து இருக்கும் தூரங்களி லுள்ள ஒழுங்குகளேயும், அருகில் உள்ள கிரகங்கள் சூரிய

அட்டவணே 3

	வியாமூன்	சனி	யுரேனஸ்	நெப்டியூன்	புளூட்டோ
$\sqrt{R}$ (கணக்கிடப் பட்டது)	2.28	3.28	4.28	5.28	6.28
$\sqrt{R}$ (உண்மை யானது)	2.28	3.09	4.38	5.48	6.29

னிடமிருந்து இருக்கும் தூரங்களிலுள்ள ஒழுங்குகளேயும் தனித்தனியாகக் காண வேண்டும்.

தூரத்தில் உள்ள கிரகங்களுக்கு இச்சூத்திரம் எப் படிப் பொருந்துகிறது என்பதை அட்டவணே 3 காட்டு கிறது.

நான்கு பௌமியக் கிரகங்களுக்கான விவரங்கள் அட்டவணை 4ல் தரப்படுகின்றன.

அட்டவணை 4

	புதன்	வெள்ளி	பூமி	செவ்வாய்
$\sqrt{R}$ (கணக்கிடப்பட்டது)	*0.62*	*0.82*	*1.02*	*1.22*
$\sqrt{R}$ (உண்மையானது)	*0.62*	*0.85*	*1.00*	*1.23*

இந்த அட்டவணைகளின்படி $\sqrt{R}$ கணக்கிடப்பட்டது தூரக் கிரகங்களுக்கு ஒன்றிலிருந்து மற்றொன்றுக்கு 1 வீதம் அதிகரிக்கிறது; அதே போல் அருகில் உள்ள கிரகங்களில் ஒன்றிலிருந்து மற்றொன்றுக்கு 0.20 வீதம் அதிகரிக்கிறது. ஆனால் இருவகைக் கிரகங்களிலும் ஒன்றிலிருந்து ஒன்றுக்குள்ள தூரம் அதிகரிப்பதில் உள்ள ஒழுங்கு $\sqrt{R}$க்கான கூட்டு விருத்தி வரிசைக்கு நெருங்கியதாயுள்ளது.

கிரகங்களுடைய அச்சுவழிச் சுழற்சிக்கு விளக்கம் தருவது கிரக விண்கோளியலுக்கு எப்பொழுதுமே ஒரு கடினமான பிரச்சினையாக இருந்தது. இயக்கு ஆற்றல் வெப்ப ஆற்றலாக மாற்றப்படுவது, கிரகச் சுழற்சி தோன்றியது சம்பந்தமாய் மிகவும் முக்கியமானதொன்றாகும் என்பதை ஷ்மித் கண்டார்.

கோணக உந்து விசை நிலைப்பு விதியும் ஆற்றல் அழியாமை விதியும் கிரகங்கள் தோன்றிய நிகழ்ச்சிப் போக்கில் முக்கியப் பங்கு பெறும் இரு விதிகளாகும். கிரகம் உருவாகிய கோளங்கள், துகள்கள் இவற்றின் சுழற்பாதைகளினது கோணக உந்து விசை, முற்றிலும் அக்கிரகத்தின் சுழற்பாதை, அச்சுவழி இரண்டின் கோணக உந்து விசையாக மாறியிருக்க வேண்டும்.

இதற்கு மாறுகக் கோளங்கள், துகள்களின் இயக்கு ஆற்றல் முழுவதும், கிரகத்தின் இயக்கு ஆற்றலாக மாற வில்லை; ஏனெனில், மோதல்களின்போது அதில் ஒரு பகுதி வெப்பமாக மாறி அண்டவெளியினுள் கதிர்வீச்சின் மூலம் பரப்பப்பட்டுவிட்டது. இயக்கு ஆற்றலின் மொத்தத் தொகை இவ்வாறு குறைய நேர்வது மிக முக்கியப் பங்காற்றுகிறது; ஆனுல் கிரகச் சுழற்சி பற்றிய முந்திய ஆராய்ச்சிகளில் இந்தக் குறைவு கவனியாது உதாசீனம் செய்யப்பட்டு வந்தது. கோளங்கள், துகள்கள் இவற்றின் ஆதிநிலை இயக்கு ஆற்றலின் மொத்தத் தொகையில் போதுமான அளவுள்ள ஒரு பகுதி வெப்பமாக மாறுமாயின், கிரகத்துக்கு நேர்வழிச் சுழற்சி இயக்கம் ஏற்பட்டு விடும் என்று பேரவை விஞ்ஞானி ஷ்மித் கணிதவழிப் பகுத்தாராய்வின் மூலம் காண்பித்தார்.

சில கிரகங்களின், குறிப்பாக யுரேனசின் மத்திய ரேகை கிரகத்தின் சுழற்பாதைத் தளத்தின் பக்கத்தில் வெகுவாய்ச் சாய்ந்துள்ளது. அதே சமயத்தில் செவ்வாய், வியாழன், சனி, யுரேனஸ் ஆகிய கிரகங்களுடைய துணைக் கோள்களின், அல்லது குறைந்தது அவற்றின் பிரதான துணைக்கோள்களின், இயக்கம் மூலக் கிரகத்தின் சுழற் பாதைத் தளத்தில் இல்லை; அதன் மத்திய ரேகைத் தளத்

திலேதான் அமைந்திருக்கிறது. துணைக்கோள்கள் அவற்றின் மூலக் கிரகங்களுடன் சேர்ந்து ஒரே நிகழ்ச்சிப்போக்கின்போது, வளர்ந்து பருத்துவிட்ட ''கருக்கள்'' தாம் கவர்ந்திழுத்த துகள்களின் திரள்களால் சூழப்பட்டிருந்த கட்டத்தில் தோன்றின என்பது இதிலிருந்து தெரிகிறது.

இந்தத் திரள்களில் கிரகங்கள் உருவான நிகழ்ச்சிப் போக்கு சிறிய அளவுகளில் திரும்பவும் நடைபெற்றது. நெகிழ்வற்ற மோதல்களின் விளைவாய் இத்திரள்கள் தட்டையான சுழலும் தட்டுகளாக மாறின. இவை பின்பு துணைக்கோள்களாக மாறின. இந்தத் துணைக்கோள்கள் மூலக் கிரகத்தின் மத்திய ரேகைத் தளத்தில் நேர் வழியில் சுற்றி வருகின்றன. இவற்றின் பாதைகளும், கிரகங்களின் சுழற்பாதைகளைப் போல் ஏறத்தாழ வட்ட வடிவமானவை. தவிரவும், வியாழன், சனி, யுரேனஸ் ஆகிய கிரகங்களின் துணைக்கோள்களுக்கும் மூலக் கிரகத்துக்குமுள்ள தூரங்களின் அதிகரிப்பில் ஒரு ஒழுங்குமுறை காணப்படுகிறது; சூரியனுக்கும் கிரகங்களுக்குமிடையிலான தூரங்களின் அதிகரிப்பில் காணப்படும் ஒழுங்கு முறையை இது அனேகமாய் ஒத்திருக்கிறது.

சூரியனுடைய பேரலைவு சக்தியானது தூசுத் துகள்கள் மிகவும் அடர்த்தி அடைந்த தட்டையான தட்டில் குவியும் வரை திரட்சிகள் ஏற்பட முடியாதபடி தடுத்து வந்தது பற்றி ஏற்கனவே குறிப்பிட்டிருக்கிறோம். கிரகங்களும் அவற்றைச் சுற்றிலும் தோன்றி வந்த துணைக்கோள்கள்மீது இத்தகைய பேரலைவு சக்தியைச் செலுத்தின. துணைக்கோள் மூலக் கிரகத்துக்கு அருகாமையில் வர வர இந்தப் பேரலைவு சக்தி மேலும் மேலும் அதிகரிக்கிறது.



அதிகரிக்கிறது. ஆகவே மூலக் கிரகத்திற்கு மிகவும் ஒட்டினாற்போல தனித்தனி துகள் திரள்கள் நிலவ முடியாது; ஆதலால் இங்கு அவை தோன்றிட இயலாது.

திரளின் அடர்த்தி அதிகமாயிருந்தால், அதன் துகள்களிடையிலான பரஸ்பர ஈர்ப்பும் அதிகமாக இருக்கிறது; அத்திரள் சிதையாமலே மூலக் கிரகத்தை அதிக அளவு நெருங்கி வர முடிகிறது. மூலக் கிரகத்தின் அடர்த்திக்குச் சமமான அடர்த்தியுள்ள திரள் ஒன்று அதனுடைய ஆரத்தைப் போல் இரண்டரை மடங்குக்குக் குறைவான தூரத்துக்குக் கிரகத்தை நெருங்கிவிட்டால், கிரகத்தின் பேரலைவு சக்தியால் அது சிதைந்து போய்விடும். இந்த தூரத்திற்கு ரோஷ் வரம்பு [Roche limit] என்று பெயர்.

ரோஷ் வரம்பு, மூலக்கூறு சக்தியால் இணைக்கப் படாமல், ஈர்ப்பு சக்தியால் மட்டுமே இணைக்கப்பட்டுள்ள துகள்களுக்கும் தளர்வான கோளங்களுக்கும் பொருந்தும். ஆனால் திடக்கோளங்கள் அவற்றின் பரிமாணங்கள் சில நூறு கிலோமீட்டர்களுக்கு மேற்படாமல் இருந்தால், அவை இந்த ரோஷ் வரம்பினுள் அபாயமின்றி வர முடியும். அதே சமயத்தில் அடர்த்தி குறைவான திரள்கள் ரோஷ் வரம்பிற்கு மிகவும் கூடுதலான தொலைவுகளில் இருக்கும்போதேகூட சிதைந்துவிடலாம்.

ரோஷ் வரம்புக்குள் அமைந்த சனிக் கிரக வளையங்கள் சனியின் பேரலைவு சக்தியின் செயற்பாட்டுடன் சம்பந்தப் பட்டவையே என்பதில் ஐயமில்லை. சனியைச் சுற்றி யிருந்த தட்டையான திரளில் ஒரு பகுதி ரோஷ் வரம்புக்குள் புகுந்திருக்கலாம். இதனால் திரளின் இப்பகுதியைச் சேர்ந்த பொருள் ஒரே கோளமாகத் திரட்சி பெற்றுத் துணைக்கோளாக முடியாமற்போய், ஏராளமான தனித்

தனித் துகள்களாலான தட்டையான வளையத்தின் வடிவில் நிலைத்துவிட்டது போலும். ஆனால் மற்றொரு காரணத்தாலும் இவ்வாறு நேர்ந்திருக்கலாம். பல நூறு கோடி ஆண்டுகளுக்கு முன்பு, சனியின் அதிகரித்துக் கொண்டேயிருக்கும் நிறையினால் புதிதாக உருவாகி இன்னமும் இறுகாது தளர்ந்த நிலையிலிருந்த துணைக்கோள் ஒன்று சனியின் ரோஷ் வரம்புக்குள் இழுக்கப்பட்டு அங்கேயே சிதைவுற்று வளையமாகியிருக்கலாம்.*

* * *

பொருள்முதல்வாத விண்கோளியலின் அடிப்படைப் போக்கை, அதாவது சூரிய மண்டலமானது விரவிப் பரந்து அடர்த்தி குறைவாயிருந்த பொருளிலிருந்து தோன்றியதாகுமெனக் கொண்ட கான்ட், லாப்லாஸ் இவர்களது போக்கை பேரவை விஞ்ஞானி ஷ்மித்தின் தத்துவம் பின் தொடர்கிறது. ஆனால் சூரிய மண்டலத்தின் கோள்களது இயக்கம் குறித்து (கான்டும் லாப்லாசும் ஆராயாமலே விட்டுவிட்ட இக்கோள்களது இயைபு, உள்ளமைப்பு பற்றிய பிரச்சினை ஒரு புறம் இருக்கட்டும்) ஷ்மித்தின் தத்துவம் அடிப்படையான முறையில் மாறுபடுகிறது. எப்படி யெனில், ஷ்மித்தின் தத்துவம் இயக்கு ஆற்றல் வெப்பமாக மாறும் நிகழ்ச்சிப்போக்கினைக் கணக்கில்

---

* மத்தியக் கோளின் நிறை படிப்படியாக அதிகரிக்கையில் அதைச் சுற்றிக்கொண்டிருக்கும் துணைக்கோளின் சுழற்பாதை ஆரம் குறைகிறது; மாறாக நிறை குறைந்தால் துணைக்கோளின் சுழற்பாதை ஆரம் அதிகரிக்கிறது.

எடுத்துக்கொள்கிறது. இந்நிகழ்ச்சிப்போக்கு, ஏற்கனவே நாம்கூறியபடி, ஆதிநிலைப் படலத்தின் பரிணும வளர்ச்சித் திசையை நெறிப்படுத்துகிறது.

சுழன்று கொண்டிருந்த தூசுப் படலத்தின் பரிணும வளர்ச்சியைக் கான்ட் பிழையின்றி எடுத்துரைத்தது மிகவும் குறிப்பிடத்தக்கதாகும். ஆனல் இந்த முடிவை அவரால் ஆதாரபூர்வமாய் நிரூபிக்க முடியவில்லை. 18ஆம் நூற்ருண்டின் மத்திய பகுதியில் விஞ்ஞானத்தின் வளர்ச்சி நிலையை மனதிற் கொண்டால் இது புரிந்து கொள்ளக் கூடியதே. 19, 20ஆம் நூற்ருண்டுகளில் இதனை ஆதார பூர்வமாய் நிரூபிக்கத் திரும்பத் திரும்ப முயற்சிகள் மேற் கொள்ளப்பட்டன. ஆனல் இவை எல்லாம் தோல்வியுற் றன. யாந்திரிக முறையில் இவ்வாராய்ச்சியை அணுகியதும், இயக்கு ஆற்றல் பிற வகைப்பட்ட ஆற்றல்களாக மாறிய தை உதாசீனம் செய்ததும்தான் இதற்குக் காரணம். கடந்த நூற்ருண்டில் 70ஆம் ஆண்டுகளிலேயே பிரெடெரிக் எங்கெல்ஸ் இந்த நிகழ்ச்சிப்போக்கு தீர்மானமான பங்காற்றியதைப் பற்றி இவ்வாறு எழுதினர்:

''...சூரிய மண்டல வாழ்க்கை நிகழ்ச்சிப்போக்கானது ஈர்ப்பு, விலக்கம் இவற்றின் பரஸ்பரச் செயற்பாடாகவே அமைகிறது. இதில் ஈர்ப்பு படிப்படியாக ஓங்குகிறது. காரணம் என்னவெனில் விலக்கமானது வெப்பத்தின் வடிவில் அண்டவெளியில் பரவுவதால் சூரிய மண்டலம் அதனை மேலும் மேலும் கூடுதலாய் இழக்க வேண்டிய தாகிவிடுகிறது.''*

---

* பி. எங்கெல்ஸ், இயற்கையின் இயக்கவியல் ஆங்கிலப் பதிப்பு, 1946, பக்கங்கள்



ஷ்மித்தின் தத்துவம் இயக்கு ஆற்றல் வெப்பமாக மாறுவதைத் தக்கபடி கணக்கில் எடுத்துக் கொள்கிறது. எனவேதான் ஆதிநிலைப் படலத்தின் பரிணும வளர்ச்சிக்கும், அது ஒரு சில பெருங் கோளங்களாய் உருமாறியதற்கும், மற்றும் கிரகங்களது இயக்கத்தின் அடிப்படை விதிகளுக்கும் விளக்கம் தருவதில் வெற்றி காண்கிறது.

4. சூரியனைச் சூழ்ந்திருந்த வாயு-தூசுப் படலம் தோன்றியது எப்படி?

சூரியனைச் சூழ்ந்திருந்த வாயு-தூசுப் படலம் எப்படி உருவாயிற்று என்னும் பிரச்சினை பிற்பாடு அது கண்ட பரிணும வளர்ச்சி பற்றிய பிரச்சினையைவிட மிகவும் கடினமானது. இந்தப் படலம் தோன்றியது, கிரகங்கள் உருவானவதற்கும் முற்பட்ட மிகத் தொன்மையான ஒரு காலத்தில் நடந்தேறிய நிகழ்ச்சிப்போக்காகும். இந்தப் படலம் கிரகங்களும் நுண்கிரகங்களும் விண்கற்களும் வால்நட்சத்திரங்களும் விண்கல் துகள்களும் அடங்கிய மண்டலமாக உருமாற்றம் பெற்றதானது, இப்படலத்தின் பிறப்பு பற்றிய விவரங்களைத் தெரிவிக்கக்கூடிய அடையாளங்களை ஒரளவு மறையச் செய்துவிட்டது. இதனுல் சூரிய மண்டலத்தின் கட்டமைப்பையும் அதன் கோள்களது இயைபையும் பற்றிய பகுத்தாராய்வு முன்பு ஒரு காலத்தில் சூரியனைச் சூழ்ந்திருந்த வாயு-தூசுப் படலத்திலிருந்து கிரகங்கள் உருவானதை நிலைநாட்டியது என்ருலும், இப் பகுத்தாராய்வு இந்தப் படலத்

தின் பொருள் எப்படித் தோன்றிற்று என்பது குறித்து இதுவரை மிகச் சொற்பத் தகவல்களேயே தந்துள்ளது.

இப்படலத்தின் தோற்றம் பற்றிய பிரச்சினே, சூரியன், ஏனைய நட்சத்திரங்கள் ஆகியவற்றின் தோற்றம் குறித்து இன்னும் முடிவு காணப்படாத பிரச்சினைகளுடன் பிணைந்த தாகும். தற்பொழுது பல சோவியத் விஞ்ஞானிகளும் வெளிநாட்டு விஞ்ஞானிகளும் நட்சத்திர விண்கோளியலை விரிவுபட வளர்த்து வருகிருர்கள். ஆனல் இன்னமும் நட்சத்திர விண்கோளியலானது நட்சத்திரங்களாய் அமைந்துள்ள பொருளின் ஆதிநிலை என்ன என்பது குறித்தோ, அது தோன்றிய முறை என்ன என்பது குறித்தோ பொதுவான கண்ணேட்டம் எதையும் பெற்ருகவில்லை. இந்நிலைமையின் விளைவாய், ஆதிமூலக் கிரகப் படலத்தின் தோற்றம் குறித்து வானியலாளர்கள் இன்னும் பிளவுபட்டே நிற்கிருர்கள்.

நமது சூரியனையும் தன்னுட் கொண்ட நட்சத்திரத் தொகுதியான பால்வழி மண்டலத்தில் நட்சத்திரங்களுக்கு இடைப்பட்ட வெளி வெற்றிடமாக இல்லை. அடர்த்தி குறைவான வாயு-தூசு நிலையிலுள்ள விரவிப் பரந்த பொருள் இதில் நிரம்பியிருக்கிறது. நட்சத்திரங்களின் மேற்பரப்புகளிலிருந்து வெவ்வேறு இரசாயனத் தனிமங்களின் அணுக்கள் வெளியிடப்படுகின்றன. இந்த நட்சத்திரங்களிலிருந்து தொலைவில், நட்சத்திர இடைவெளிகளின் குளிர்ச்சியான பகுதிகளில் இவ்வணுக்கள் பகுதியளவுக்கு மூலக்கூறுகளாக ஒன்றிணைகின்றன. இந்த மூலக்கூறுகளில் சில, தூசுத் துகள்களாகத் திரட்சி பெறுகின்றன.

பால்வழி மண்டலத்தில் ஒரு புறத்தில் நட்சத்திரங்களும் ஏனைய விண்கோள்களும் பொருளை வெளியேவிட்டுச் சிதறடிக்கும் நிகழ்ச்சிப்போக்கு நடைபெற்று வருகிறது; மறுபுறத்தில் விரவிப் பரந்த பொருளிலிருந்து விண்கோள்கள் உருவாகும் நிகழ்ச்சிப்போக்கும் நடைபெறுகிறது. வானியல் கண்டிருக்கும் சாதனைகள், விண்கோள்களுக்கும் விரவிப் பரந்த பொருளுக்கும் இடையே நடைபெறும் சிக்கலான, பலதரப்பட்ட பரஸ்பரச் செயற்பாட்டை விண்கோளியல் ஆராய வேண்டியதன் அவசியத்தை வற்புறுத்துகின்றன.

ஆதிமூலக் கிரகப் படலத்தின் தோற்றம்பற்றி இன்று இரண்டு பிரதான கருதுகோள்கள் நிலவுகின்றன. சூரியன் தன்னைச் சூழ்ந்த அண்டவெளியிலிருந்த பொருளைக் ''கைப்பற்றிக் கொண்டது'' என்பது ஒன்று. சூரியனும் ஆதிமூலக் கிரகப் படலமும் ஒருங்கே தோன்றின என்றும், சூரியன் தோன்றக் காரணமாயிருந்த அதே வாயு-தூசுத் திரட்சியிலிருந்துதான் இந்தப் படலமும் சூரியனும் பிரிந்தன என்றும் கூறுவது இரண்டாவது.

ஷ்மித் தம்முடைய ஆராய்ச்சிகளின் ஆரம்பக் காலத்தில், பிற்பாடு கிரகங்களாக உருவாகிய பொருளைச் சூரியன் கைப்பற்றிக் கொண்டதென்று கூறினார். கிரகங்களுக்கும் சூரியனுக்குமிடையே நிறையும் கோணக உந்துவிசையும் விசேஷ முறையில் வினியோகமாகியிருப்பதற்கு விளக்கம் கூற இந்தக் கருதுகோள் வகை செய்கிறது. இதற்கு முன்பிருந்த விண்கோளியல் கருதுகோள்கள் எதனுலும் இதற்கு விளக்கம் கூற முடியவில்லை. கைப்பற்றும் நிகழ்ச்சிப்போக்கு நடைபெறலாம் என்றால் படலத்தின் கோணக உந்து விசையும், ஆகவே கிரகங்களின் கோணக



படம் 11. பால்வழி மண்டலத்தின் பகைப்புலனில் தெரியும் இருண்ட (தூசு) முகிற்படலங்களும் பிரகாசமான (தூசுவும் வாயுவும் கலந்த) முகிற் படலங்களும்

உந்து விசையும் சூரியனுடைய கோணக உந்து விசையுடன் நேரடியாகத் தொடர்பு கொண்டிருக்க வேண்டியதில்லை. இது நட்சத்திரங்களும், இடைவெளி வாயு-தூசுப் படலங்களும் பால்வழி மண்டலத்தின் மையத்தைச் சுற்றும் இயக்கத்தின் கோணக உந்து விசையிலிருந்தே தோன்றியதாகும், அதாவது பால்வழி மண்டலம் அனைத்தின் மொத்தக் கோணக உந்து விசையிலிருந்தே பெறப்பட்டதாகும்.

பால்வழி மண்டலத்தில் நமது சூரியனும் பிற நட்சத்திரங்களும் செல்லுகையில் அவை பெரிய பெரிய நட்சத்திர இடைவெளி வாயு-தூசுப் படலங்களின் வழியே போகின்றன. சாதக நிலைமைகளில் அவை இப்படலங்களின் பொருளில் ஒரு பகுதியைக் கைப்பற்றிக் கொள்ளலாம் என்பதை பேரவை விஞ்ஞானி ஷ்மித் தெளிவுபடுத்தினர். நட்சத்திரமொன்று இப்படலத்தைச் சந்திக்கும்பொழுது, அருகில் உள்ள வேருெரு நட்சத்திரத்தின் ஈர்ப்பு, அவற்றின் ஒப்புநிலைப் பெயர்ச்சியைக் கடுமையாக மந்தப்படுத்துவது இதற்கு அவசியமாகும். படலப் பொருளில் ஒரு பகுதி முதலாவது நட்சத்திரத்தைச் சுற்றிச் சுழல ஆரம்பிக்கலாம். இவ்வாறு கைப்பற்றிக் கொள்ளப்படுதல் ஈர்ப்பு சக்தியினுல் மட்டுமல்லாமல், சூரியனுக்கு அருகில் துகள்களின் மோதல்களால் வேகம் குறைவதாலும் (அகெக்கியான் [Agekyan] கூறுவதுபோல), கதிர்வீச்சு அழுத்தத்தின் செயலாலும் (ராத்ஸியேவ்ஸ்கிய் [Radsiyevsky]) நிகழக்கூடுமென்பதை இதர சோவியத் வானியலாளர்கள் காட்டியுள்ளார்கள்.

ஷ்மித் தமது தத்துவத்தை விவரிக்கத் தொடங்கிய போது, சூரியனுனது, பால்வழி மண்டலத்தில் தன் இடப்

பெயர்ச்சியின்போதும், இம்மண்டலத்தின் சுழற்சியில் பங்குகொள்ளும் போதும், தற்செயலாய் வாயு-தூசுப் படலம் ஒன்றைச் சந்திக்க நேர்ந்ததென்றும் அப்பொழுது அது இந்தப் பொருளேக் கைப்பற்றிக் கொண்டதென்றும் ஓர் ஊகத்தை முன்வைத்தார். ஆனுல் சூரியனது தற்போதைய சுற்றுப்புறத்திலுள்ள நிலைமைகளுக்கு ஒப்பான இந்நிலைமைகளில் சூரியன் கைப்பற்றிக் கொள்வதற்குரிய வாய்ப்பு மிகவும் சொற்பமே என்றும், ஏனெனில் நட்சத்திர இடைவெளிப் படலங்களுடன் ஒப்பிடுகையில் சூரியனது இயக்க வேகம் மிகவும் அதிகமானது, சராசரியாக விஞடிக்குச் சுமார் 20 கிலோமீட்டராகும் என்றும் கணக்கீடுகள் மூலம் தெரிய வந்துள்ளன.

நட்சத்திரங்கள் சாதாரணமாய்த் தனியாகத் தோன்றுவதில்லை, கொத்துக் கொத்தாகவே தோன்றுகின்றன என்று சோவியத் வானியலாளர்கள் நிரூபித்திருக்கிருர்கள். ஒரு கருதுகோளின்படி அவை நட்சத்திர இடைவெளி வாயு-தூசுப் படலங்களிலிருந்து உருவாகின்றன. அது போன்ற கொத்து ஒன்றைச் சேர்ந்த புதிய நட்சத்திரங்களுக்கு ஒப்பளவில் குறைவான வேகங்களே இருக்கும். இவற்றுள் ஒன்ருேடொன்றை ஒப்புநோக்குகையிலும் இவை தோன்றிய வாயு-தூசுப் படலத்தின் மீதமிச்சங்களுடன் ஒப்புநோக்குகையிலும் இவ்வேகங்கள் குறைவாயிருக்கும். சூரியன் இந்த வழியில் தோன்றியிருந்தால், அதனுடைய ஆரம்ப கட்டங்களில், அது வாயு-தூசுத் துகள்களாலான படலத்தைக் கைப்பற்றிக் கொள்வதற்கான வாய்ப்பு தற்பொழுதுள்ளதைவிட பத்துலட்சக் கணக்கான மடங்கு அதிகமாக இருந்திருக்கும். 1953ல் ஷ்மித்

இதனைக் குறித்துக் கொண்டார்.* ஷ்மித்தின் ஆராய்ச்சிகள், ஈர்ப்பு சக்தி மூலமே சூரியன் இப்படலத்தைக் கைப்பற்றியிருக்குமென அவரை எண்ணச் செய்தன என்றாலுங்கூட, தமது வாழ்நாளின் கடைசி ஆண்டுகளில் அவர் சூரியனுக்கு அருகில் துகள்களின் நெகிழ்வற்ற மோதல்களின் விளைவான கைப்பற்றுதலே அதிக அளவுக்கு நிகழக்கூடியதாகவும் பயனுள்ளதாகவும் இருந்திருக்குமெனக் கருதினார்.

சூரியனின் சுழற்சியை விளக்குவதில் கைப்பற்றுதல் கருதுகோள் பெருத்த சிக்கலுக்கு உள்ளாகிறது. வாயு-தூசுப் படலம் சூரியனால் கைப்பற்றப்பட்டது என்றால், இந்தப் படலத்தின் மையத் தளம் சூரிய மத்திய ரேகையின் முந்திய நிலையுடன் எவ்வகையிலும் தொடர்பு உள்ளதாக இல்லை. சூரியனின் தற்போதையச் சுழற்சி அதன் முந்திய சுழற்சியும் அதன்மேல் விழுந்த கோளங்கள், துகள்களிலிருந்து பெறப்பட்ட சுழற்சியும் சேர்ந்ததன் விளைவு ஆகும். சூரியனின் தற்போதைய மத்திய ரேகைப் படலத்தின் மையத் தளத்துக்கு அருகாமையில் உள்ளது (இவற்றின் இடையே கோணம் 6°தான்) சூரியனது

---

* ஆனால் இங்கே ஒரு விஷயத்தைக் கவனத்தில் வைத்துக் கொள்ள வேண்டும். படலத்துடன் ஒப்பிடுகையில் சூரியனின் வேகம் குறைவாயிருக்கையில், கிரக மண்டலத்திற்கு உள்ளதைவிடக் கணிச அளவு அதிகமான கோணக உந்து விசை கொண்ட பொருள்களைக் கைப்பற்றும் வாய்ப்பு அதிகமாகிறது; கிரக மண்டலத்தினுடையதைப்போன்ற கோணக உந்து விசை கொண்ட பொருள்களைக் கைப்பற்றும் வாய்ப்பு கணிச அளவு குறைவாய் இருக்கிறது.

முந்திய சுழற்சி ஆற்றும் பங்கு தற்காலத்தில் குறைவானது தான், அதன்மேல் விழுந்த துகள்களின் பங்கே அதிகம் என்பதை இது காட்டுகிறது. இப்போதுகூடச் சூரியன் மிக மெதுவாகவே சுழல்கிறது. எனவே, முந்திய சுழற்சியின் பங்கு குறைவு என்றால் முன்பு அது அனேகமாகச் சுழலவில்லை என்று அர்த்தமாகிறது. ஆயினும் நட்சத்திர உலகம் பற்றி நாம் அறிந்தவை எல்லாம், நட்சத்திரங்கள் சுழல வேண்டும் என்று தெரிவிக்கின்றன.

ஏனைய வானியலாளர்களின் கருத்துப்படி, ஆதிநிலைப் படலம் சூரியனுடன் ஒருங்கே தோன்றியதாகும். நட்சத்திரங்களுக்கு இடையிலான வாயு-தூசுத் திரட்சி ஒன்றிலிருந்து சூரியன் உருவான நிகழ்ச்சிப்போக்கின்போது அதிலிருந்து பிரிந்து சென்ற விரவிப் பரந்த பொருளிலிருந்து கிரகங்கள் உருவாயின என்று பேரவை விஞ்ஞானி பெசேன்கவ் கருதுகிறார். அவர் இவ்வாறு எழுதுகிறார்: ‘‘நட்சத்திரமாக மாறுவதற்கு முன்பு, அதாவது கடுமையாகச் சுருங்கி வந்த போது, சூரியன் ஏறத்தாழத் தனது மத்திய ரேகைத் தளத்துக்கு அருகில் கணிசமான அளவு பொருளை இழந்திருக்க வேண்டும். சுழற்சியின் அளவுகடந்த வேகம் காரணமாய் இந்தப் பொருள் ஒரு கோளமாக ஒன்றுதிரள முடியாமற் போயிற்று’’.

ஆயினும், ஹோயில் காட்டியது போல, நிகழ்முறையின் போக்கு சுழற்சியின் அளவுகடந்த வேகத்தாலும் அதனுடன் தொடர்புள்ள பெருத்த மையம் விட்டோடும் சக்தியாலும் மட்டுமே நிர்ணயிக்கப்படுகிறது என்றால் மட்டுமீறிப் பெருத்த திரளான பொருள் பிரிவது நிகழ வேண்டும்.

மாஸ்கோவில் சர்வதேச வானியல் காங்கிரஸின் போது (1958) நடந்த பூமியினதும் கிரகங்களதும் தோற்றம் பற்றிய கருத்தரங்கில் ஹோயில் ஆய்வுரை நிகழ்த்தினுர். தொடர்ந்து சுருங்கிக் கொண்டிருக்கும் சூரியத் திரட்சியிலிருந்து கிரகங்கள் உருவாவதற்காகப் பொருள் பிரிவது பற்றிய கருத்தை, சூரியன் தன்னைச் சூழ்ந்துள்ள ஓரளவு அயனிமயமாக்கப்பட்ட படலத்துக்கு (காந்தப் புலன் உதவியால்) தன் கோணக உந்து விசையை வழங்கி விடுவதன் விளைவாகவே அதன் சுழற்சி வேகம் மந்தப்படுகிறது என்ற ஆல்வெனின் கருத்துடன் இணைப்பதன் மூலம் கிரக மண்டலம் வெகு தூரம் பரவியிருப்பதையும் சூரியனது சுழற்சி வேகம் குறைவாயிருப்பதையும் விளக்க முடியும் என்று அவர் காட்டினுர்.

நட்சத்திரங்களுக்கு இடையிலுள்ள முகிற்படலங்களின் சுழற்சி மட்டுமீறி மெதுவாக நிகழ்கிறது — ஒரு சுழற்சிக்குக் கோடிக் கணக்கான, பத்துகோடிக் கணக்கான ஆண்டுகள் பிடிக்கின்றன. இருந்தாலும் பிரம்மாண்டமான அளவுகள் காரணமாக, இவ்வளவு மெதுவான சுழற்சிகூட, அவை மிகப் பெரிய — சூரிய மண்டலத்தின் கோணக உந்து விசையைக் காட்டிலும் மிக மிகப் பெரிய — கோணக உந்து விசை கொண்டிருக்கின்றன. ஆனுல், இம்மாதிரி முகிற்படலம் (அது நட்சத்திரமாக மாறுகையில்) சுருங்கி இறுகும் முதல் கட்டங்களில் நட்சத்திர இடைவெளியில் நிலவும் காந்தப் புலன்கள் அதன் சுழற்சியைத் தடைப்படுத்தின, அதாவது அதன் கோணக உந்து விசையைக் குறைத்தன என்று ஹோயில் கருதுகிருர். எனவே சூரியன் தோன்றியது வாயுத் திரட்சியினது சுருங்கி இறுகுதலின் விளைவு என்று ஹோயில் எண்ணுகிருர்.

வாயுத் திரட்சியின் நிறையும் உந்து விசையும் தற்போதைய சூரிய மண்டலத்தின் நிறையையும் உந்து விசையையும்விட ஒரு சிறிதே அதிகமாயிருந்தன. 1960ல் வெளியிடப்பட்ட ஹோயிலின் கணக்கீட்டின்படி திரட்சியின் (''ஆதிமூலச் சூரியனின்'') விட்டம் சூரியனது குறுக்களவைவிட 40 மடங்கு பெரிதாக இருந்தபோது, அதன் மத்திய ரேகைப் பகுதியில் விரைந்த சுழற்சியின் விளைவாக, மேற்கொண்டு சுருங்குவதில் பங்கு கொள்வதை நிறுத்திவிட்ட பொருள் தட்டு தனியே பிரியத் தொடங்கியது. வாயுக்களின் ஒரு பகுதி அயனிமயமாயிருந்தமையால் சூரியனுடன் சுழன்று கொண்டிருந்த காந்தப் புலன் இந்த வாயுக்களுக்குக் கோணக உந்து விசையை அளித்து, அவ்வாறு செய்ததன் மூலமாகவே அவற்றைச் சூரியனிலிருந்து அப்பால் நகர்த்தலாயிற்று.

அதே சமயம் உந்து விசை இவ்வாறு வழங்கப்பட்டதனுல் சூரியனின் சுழற்சி வேகம் மட்டுப்பட்டது. இதன் விளைவாக, மேற்கொண்டு பொருள் பிரிவது நின்றுவிட்டது. ஆகவே ஆதிமூலக் கிரகப் படலத்தின் நிறை சூரியனின் நிறையோடு ஒப்பிடுகையில் குறைந்துவிட்டது.

சூரியனும் ஆதிமூலக் கிரகப் படலமும் ஒருங்கே உருவாயின என்ற கருதுகோளை ஸ்தூலப்படுத்தவும் அளவு வகையில் ஆதாரபூர்வமாக நிலைநாட்டவும் ஆன முதல் முயற்சியாகும் ஹோயிலின் கருதுகோள். ஆனுல் இப்போதைக்கு இக்கருதுகோளைப் பெரிய இடர்ப்பாடுகள் எதிர்நோக்குகின்றன. காந்தப் பிணைவு சூரியனுக்கும் படலத்தின் உள்விளிம்புக்கும் இடையே நிகழ்ந்தது என்றும், எஞ்சிய பகுதிகளுக்கு உந்து விசை அளிக்கப்பட்டதானது — இதனுல்தான் படலம் தற்போதையக் கிரக மண்டலம்

முழுவதிலும் பரவியது — கொந்தளிப்பு இயக்கத்தின் விளைவாகவும் அதனுடன் தொடர்பு கொண்ட உராய் வின் விளைவாகவுமே நடந்தது என்றும் ஹோயில் அனு மானிக்கிறார். ஆனால், ஹோயில் தாமே ஒப்புக்கொள்வது போல, படலத்தின் சுழற்சி இயக்கம் அதில் கொந் தளிப்பு ஏற்படுவதற்கு இட்டுச் செல்லத் தக்கது அல்ல. படலத்தின் பிரம்மாண்டப் பரப்பு முழுவதிலும் கொந் தளிப்பு ஏற்படுவதற்கு உரிய வேறு காரணங்களும் தென் படவில்லை. மற்றோர் இடர்ப்பாடு தனிப்பிரிந்த பொருள் சூடு ஆறுவதில் உள்ளது. இவ்வாறு சூடு ஆறுவதன் விளை வாக, ஆவியாகாத, கற்பாங்கான பொருள்கள் எல்லாம் திடத் துகள்களாக விரைவில் திரண்டிருக்க வேண்டும். மேலும் பெரிய கோளங்களாக ஒன்றுசேர்ந்து அவை கிரக மண்டலத்தின் உட்பகுதியில் தங்கி இருந்திருக்க வேண்டும். ஆதிமூலக் கிரகப் படலத்தின் குளிர்ந்த வெளிப் பகுதிப் பொருள்களின் மாதிரிகளாக விளங்கும், பனிக்கட்டிகளாய் உறைந்த வால்நட்சத்திரங்களின் உட்கருக்கள் (அத்தியாயம் 6ஐப் பார்க்க), ஆவியாகாத பொருள்களின் கலவையை எப்போதும் உள்ளடக்கியிருக் கின்றன. எல்லா வால்நட்சத்திரங்களும் அவை சிதையும் போது விண்கல் திரள்களை, அதாவது எளிதில் ஆவியா காத பாறைத் துகள் திரள்களைத் தோற்றுவிப்பதானது இதை நிரூபிக்கிறது.

சூரியனும் ஆதிமூலக் கிரகப் படலமும் ஒருங்கே உரு வாயின என்னும் கருதுகோளை ஸ்தூலப்படுத்துவதற்கான இன்னொரு முயற்சி அமெரிக்கப் பௌதிகவியலாளர் காமெரோன் என்பவரால் 1962ல் செய்யப்பட்டது. முகிற் படலம் சுருங்கத் தொடங்கிய முதற் கட்டங்களில் அதன்

சுழற்சி காந்த சக்தியால் கணிசமாகத் தடைப்படுத்தப் பட்டது என்ற ஹோயிலின் கருத்தைக் காமெரோன் ஏற்கவில்லை. எந்த வாயுத் திரட்சியிலிருந்து சூரியன் உரு வாயிற்றோ அது விரைவாகச் சுழன்றது என அவர் அனு மானிக்கிறார். இந்தக் காரணத்தால் திரட்சியின் நிறை சூரியனின் நிறையைக் காட்டிலும் அனேக மடங்கு அதிகம் என்று அனுமானிப்பது அவருக்கு அவசியம் ஆகிறது. திரட்சி இத்தகைய பண்புகள் கொண்டிருந்தால், திரட்சி யின் குறுக்களவு கிரக மண்டலத்தின் குறுக்களவைப் போல் 2 முதல் 4 மடங்குவரை பெரிதாக இருக்கும் போதே பொருள் தனிப்பிரிவது தொடங்குகிறது. தவிர, சூரியன் அருகிலுள்ள படலத்தின் நிறை பிரமாண்ட மானது, சூரியனின் நிறையைக் காட்டிலும் அதிகமானது என்று ஆகிறது. இதோடுகூட, இளம் சூரியனின் நிறை தற்போதையச் சூரியனின் நிறையைவிடக் குறைவு என்று ஆகிறது. எனவே, தனிப்பிரிந்த பொருள் மறுபடி சூரியன் மேல் விழுந்ததற்குரிய காரணங்களைத் தேட வேண்டி யிருக்கிறது. படலத்தின் 1 சதவிகிதத்துக்கும் குறைவான நிறை மட்டுமே கிரகங்களாகத் திரண்டதும் எஞ்சிய பொருள் இடைவெளி முழுவதிலும் விரவிப் பரந்ததும் ஏன் என்பது முற்றிலும் விளங்கவில்லை.

விண்மீன்களின் உட்பாகங்களில் அணுக்கரு எதிர்வினை கள் எவ்வாறு நிகழ்கின்றன என்ற கணக்கீட்டை ஆதார மாகக் கொண்டு, இளம் சூரியன் தற்காலச் சூரியன் போன்ற கிட்டத்தட்ட அதே அளவு ஒளியையும் வெப்பத் தையும் கதிர்வீசியது என்று வானியலாளர் பல ஆண்டுக ளாக எண்ணி வந்தனர். ஆனால், 1962ல் ஜப்பானிய வானியலாளர் ஹயாஷி என்பவர் வேறொரு அனுமானத்

தை வெளியிட்டார்: அணுக்கரு எதிர்வினைகள் தொடங்குவதற்கு முன்பே, ஈர்ப்பு ஆற்றலின் [gravitational energy] வெளிப்பாடு காரணமாகத் திரட்சி சூடு அடைந்த போது அதன் உட்பாகங்களில் பொருளின் உகைப்பு இயக்கங்கள் [convection currents] தோன்றி, வெப்பத்தை உட்பாகத்திலிருந்து மேற்பரப்புக்குக் கொண்டுவந்திருக்க வேண்டும். மேற்பரப்பின் வெப்பநிலை தற்போது உள்ளதைவிட அப்போது குறைவாக இருந்தது. ஆயினும் திரட்சியின் பரிமாணமும், இதன் விளைவாக அதன் மேற்பரப்பின் விஸ்தீரணமும் மிகப் பெரியவையாக இருந்தபடியால், அதன் முழுக் கதிர்வீச்சு குறித்த காலம் வரை தற்போதையச் சூரியனுடையதைவிடப் பதிற்றுக் கணக்கான மடங்குகள் அதிகமாக இருந்தது. இந்தப் பேரொளிவீச்சுக் கட்டம் சுமார் பத்து லட்சம் ஆண்டுகள் நீடித்தது. தன் உட்பாகங்களில் நிகழும் அணுக்கரு எதிர் வினைகள் காரணமாக வெள்ளிப்படும் ஆற்றலை பல நூறு கோடி ஆண்டுகளாகக் கதிர்வீசிக் கொண்டிருக்கும் நட்சத்திரமாகத் திரட்சியுறுவதற்கு நேர் முன்னால் நிலவியது இந்தக் கட்டம். சூரியனும் ஆதிமூலக் கிரகப் படலமும் ஒருங்கே தோன்றின என்றால், படலம் நிலவியிருந்த போதே இந்தக் கட்டம் தொடங்கிவிட்டது.

ஹயாஷியின் கணக்கீடும், அதை உறுதிப்படுத்தும் பிற ஆராய்ச்சியாளர்களின் கணக்கீடுகளும் ''ஆதிமூலச் சூரியன்'' சுழற்சி அற்றது, உட் காந்தப் புலன் இல்லாத முகிற்படலம் சுருங்கி இறுகியதால் உருவானது என்று கொள்கின்றன. ஆனால் ''ஆதிமூலச் சூரியன்'' சந்தேகமின்றிச் சுழன்றது, காந்தப் புலன் உள்ளதாயிருந்தது. எனவே அதன் அதிகப்பட்ச ஒளிவீச்சு, ஹயாஷியுடையவும்

பிறருடையவும் கணக்கீடுகளால் பெறப்படுவதைவிடக் குறைவாகவே இருந்திருக்கும். எனினும் ஆதிமூலக் கிரகப் படலத்தின் தோற்றத்தையும் அதன் பரிணும வளர்ச்சியின் ஆரம்பக் கட்டங்களையும் பற்றிய எல்லாக் கருதுகோள் களும் மறு பரிசீலனை செய்யப்பட வேண்டியிருக்கும், ''ஆதிமூலச் சூரியனின்'' ஒளிவீச்சு அதிகரித்த கட்டம் அவற்றில் கணக்கில் எடுத்துக் கொள்ளப்பட வேண்டி யிருக்கும் என்று நினைக்க வேண்டும்.

இங்கே ஒரு விஷயத்தை வலியுறுத்திக் கூறுவது அவ சியம். கிரகங்கள் உருவான நிகழ்ச்சிப்போக்கின் சில முக் கிய விவரங்கள் தெளிவாகத் தெரிகின்றன. ஆனால் ஆதி மூலக் கிரகப் படலம் எப்படி தோன்றியது என்பது குறித்து சாத்தியமான (அல்லது அனுமானிக்கக்கூடிய) வெவ்வேறு நிகழ்ச்சிப்போக்குகளைப் பரிசீலிக்கிறோமே தவிர இன்னும் எந்த ஒன்றையும் முடிவானதாகக் கொள்ள இயலவில்லை. ஆதிமூலக் கிரகப் படலத்தின் ஆரம்பக் கட்டங்களை ஆராய்ந்து அறிவது இந்தக் காரணத்தால் மிகக் கடின மாகிறது. விஷயம் என்னவென்றால், ஆதிமூலக் கிரகப் படலத்தின் தோற்றம் பற்றிய எந்தக் கருதுகோளிலும் அது ஒரே நொடியில் உண்டாகிவிட்டதாகக் கொள்ளப் படவில்லை. படலம் கவர்ந்து கைப்பற்றப்பட்டிருந்தாலும் சரி, சுருங்கி இறுகிக் கொண்டிருந்த சூரியத் திரட்சி யிலிருந்து அது தனிப் பிரிந்து சென்றிருந்தாலும் சரி, இந்த நிகழ்முறைகள் மிக மிக நெடுங்காலம் நீடித்திருக்கும். ஆதலால் இவை நிறைவு பெறுவதற்கு முன்பே படலத்தின் பொருளிலிருந்து கிரகங்கள் உருவாகும் திசையில் அதன் அடுத்த பரிணும வளர்ச்சி தொடங்கியிருக்கும். படலத் தின் பரிணும வளர்ச்சியின் இந்த ஆரம்பக் கட்டங்கள்

எவ்வளவு விரைவாய் நடந்தேறின என்பது, ஓர் அனுமானத் திட்டத்தின் கண்ணோட்டத்தில் நிகழ்ச்சிப் போக்குகளைப் பகுத்தாய்ந்ததின் அடிப்படையில் நிலைநாட்டப் பட்டது. இந்தத் திட்டப்படி ஆரம்பக் கணத்திலேயே சூரியனைச் சுற்றிலும் ஆதிமூலக் கிரக வாயு-தூசுப் படலம் ஏற்கனவேயே ''தயார் நிலையில்'' இருந்து வந்தது (அத்தியாயம் 3ஐப் பார்க்க).

படலத்தினது பரிணாம வளர்ச்சியின் ஆரம்பக் கட்டங்களிலிருந்து அடுத்து வந்த கட்டங்களுக்குப் பரிணமிப்பது எந்த அளவுக்கு நிகழ்கிறதோ அந்த அளவுக்கு, படலத்தின் அறியப்படாத தோற்றத்தின் பாதிப்பு குறைந்து கொண்டு போகிறது. எனவே, படலத்தின் வளர்ச்சி பற்றிய பகுப்பாய்வில் இந்த நிச்சயமின்மை இருப்பினும், கிரகங்கள் தோன்றிய நிகழ்முறையின் பகுப்பாய்வு சூரிய மண்டலத்தின் கட்டமைப்புக்குரிய விதிகளை விளக்க வாய்ப்பு அளிக்கிறது, பூமியின் கட்டமைப்பையும் வளர்ச்சியையும் சரியாகப் புரிந்து கொள்வதற்குப் பயனுள்ள விவரங்களை நிறையத் தருகிறது. சூரியனும் படலமுமே கூடத் தோன்றியது பற்றிய ஆராய்ச்சிக்கும் இந்தப் பகுத்தாய்வு உதவுகிறது.

சூரியனைச் சுற்றி நீண்ட காலமாகக் கிரக மண்டலம் இருந்து வந்திருப்பதானது, இந்நெடுங் காலம் பூராவிலும் சூரியனது பரிணாமத்தைப் பற்றிய கருதுகோள்களின் வீச்சுக்கு குறிப்பிடத்தக்கவாறு வரம்பு கட்டிவிடுகிறது. உதாரணமாக, இப்புத்தகத்தின் ஆசிரியர் 1952ல் காட்டியது போல, இந்நிலைமை சூரியன் மிகவும் பிரகாசமான நட்சத்திரத்தின் வடிவில், தற்பொழுதுள்ளதைவிட ஐந்திலிருந்து பத்து மடங்கு அதிகமான நிறையுள்ளதாக

ஆரம்பத்திலிருந்ததென்றும், இது உருவான நிகழ்ச்சிப் போக்கின் பொழுது கிரக மண்டலமும் தோன்றியது என்றும் கூறுகிற கருதுகோளை நிராகரித்துவிடுகிறது.

5. கிரகங்களின் இயைபு

கிரகத்தின் பொருள் சூரியனிடமிருந்து பிரிந்து வந்ததே என்ற கருத்தை வலியுறுத்த, சூரியனது மேல் அடுக்குகளுக்கும், பூமிக்கும் இரசாயன இயைபில் உள்ள ஒற்றுமைகள் ஆதாரங்களாகக் கூறப்படுகின்றன. பல நட்சத்திரங்கள், முகிற்படலங்களின் அளவறி இரசாயன இயைபு [quantitative chemical composition] பற்றிய விவரங்கள் அண்மை ஆண்டுகளில் கிடைக்கப் பெற்றுள்ளன. இதிலிருந்து, நட்சத்திரங்கள், முகிற்படலங்கள், நட்சத்திரங்களுக்கு இடையிலான அண்டவெளிப் பொருள் ஆகிய யாவும் இரசாயன இயைபில் ஒரே மாதிரியாகவே உள்ளன என்பதும் — இவற்றிலுள்ள இரசாயனத் தனிமங்களது அணுக்களின் ஒப்பீட்டு விகிதாசாரம் ஏறத்தாழச் சமமாய் உள்ளன என்பதும் — தெரிய வந்துள்ளன. பேரண்டத்தின் சடப்பொருள் ஒற்றுமைக்குரிய இயல்புகளில் ஒன்றுகும் இது. ஆகவே ஆதிமூலக் கிரகப் படலமானது வெளியிலிருந்து கவரப்பட்டதாயினும் சரி, சூரியனிடமிருந்து பிரிந்ததாயினும் சரி, ஒரே மாதிரியான இரசாயன இயைபைத்தான் பெற்றிருக்க முடியும்.

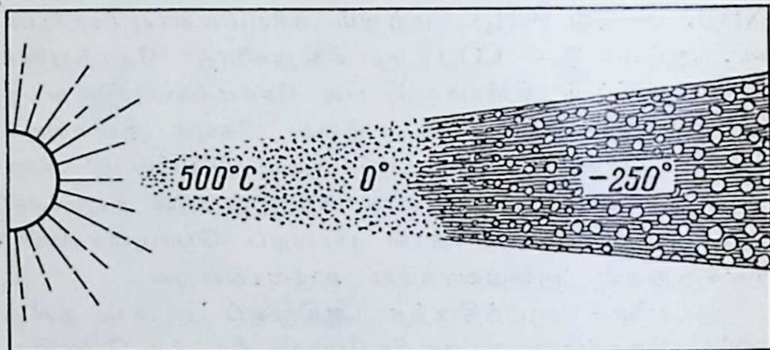
பேரண்டத்தில் மிகவும் அதிகமாகக் காணக்கூடிய இரசாயனத் தனிமம் [chemical element] நீரகம் (ஹைட்ரஜன்) H (மொத்த அணுக்களில் 90 சதவீதம் இதுவே).

இரண்டாவதாக அதிகமாயிருப்பது மந்த வாயுவான ஹீலியம் He (9%). இது இரசாயனச் சேர்மங்களில் சேருவதில்லை. உயிரகம் (ஆக்சிஜன்) O, நைட்ரஜன் N, கரிமம் (கார்பன்) C ஆகியவை முறையே மூன்ருவது, நான்காவது, ஐந்தாவதாக அதிகம் காணப்படுகின்றன (இவை மூன்றும் சேர்ந்து மொத்தம் 0.3 சதவீதம் இருக்கின்றன). சிலிக்கனும் உலோகங்களும் மிகமிகச் சொற்ப அளவே இருக்கின்றன. அணுக்கள் மூலக்கூறுகளாகச் சேர பௌதிக நிலைமைகள் இடமளிக்கையில் நீரக மூலக்கூறுகள் H_2 உருவாகின்றன. நீரகமானது பெரும் எண்ணிக்கையிலுள்ள ஏனைய அணுக்களுடன் (உயிரகம், நைட்ரஜன், கரிமம்) கூடிச் சேர்மங்களாகி நீர் (H_2O), அம்மோனியா (NH_3), மீதேன் (CH_4), மற்றும் கரியமிலவாயு (கார்பன் டை ஆக்ஸைடு — CO_2) மூலக்கூறுகளைத் தோற்றுவிக்கிறது. எளிதில் ஆவியாகும் பல சேர்மங்கள் இவ்வாறு தோற்றுவிக்கப்படுகின்றன. இவை மிகவும் குறைவான வெப்பநிலைகளில்தான் திடப்பொருள் நிலையில் இருக்கக் கூடியவை. சிலிக்கன், உலோகங்கள் இவற்றின் அணுக்கள் மிகக் குறைவாயிருப்பதால் பாறைப் பொருள்களின்* மூலக்கூறுகள் குறைவாகவே உருவாகின்றன.

சூரியனைச் சூழ்ந்திருந்த ஆதிமூலப் படலம் தனித் தனிக் கிரகங்களாக மாறியபோது நிகழ்ந்த பௌதிக, இரசாயன நிகழ்ச்சிப்போக்குகளை ஆராய்ந்தால், கிரகங்களின் கட்டமைப்பிலும் இயைபிலும் உள்ள வேறுபாடு

* பாறைப் பொருள்கள் முக்கியமாக சிலிக்கன், உலோகங்கள் இவற்றின் உயிரகைகளால் [metal oxides] ஆகியவையே (SiO_2, FeO, Fe_2O_3, MgO, Al_2O_3 முதலானவை).

களுக்கு விளக்கம் கூற முடிகிறது. பௌமியக் கிரகங்கள், பிரம்மாண்டக் கிரகங்கள் என்று இரு வகையான கிரகங்கள் இருப்பதற்கு இவ்வாறு விளக்கம் கூறலாம். ஆதிமூலக் கிரகப் படலத்தில் தூசு இருந்ததால் அப்படலம் ஒளி புகாத் தன்மை பெற்றது. அதில் சூரியனிலிருந்து தொலைவில் இருந்த பகுதிகளுக்குச் சூரியக் கதிர்கள் ஊடுருவிச் செல்ல முடியவில்லை. இதனால் இங்கு துகள்களின் வெப்பநிலை —250° சென்டிகிரேடுக்கு (அதாவது 25°Kயிற்கு* அதிகமானது) குறையலாயிற்று. ஆனால் சூரியனுக்கு அருகிலிருந்த பகுதிகள் அதன் கதிர்களால் சூடாக்கப் பட்டன.



படம் 12. தூசுத் தட்டின் உட்பகுதியிலும் வெளிப் பகுதியிலும் துகள்களது பரிமாணமும் இயையும் வேறுபடுவதை இப்படம் காட்டுகிறது

---

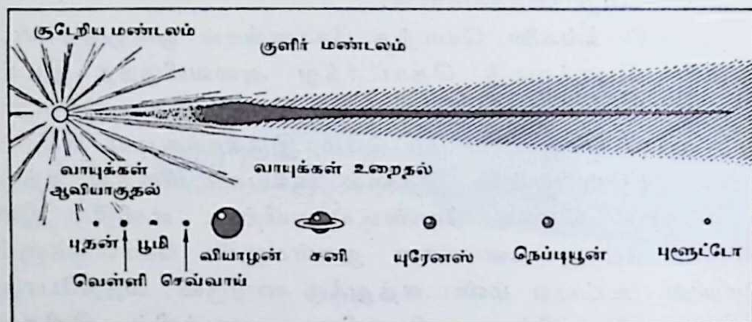
* தனியியல் சுன்னத்திலிருந்து தொடங்கும் கெல்வின் [Kelvin] அளவு முறையின்படி.

எனவே, சூரியனுக்கு அருகில், வெப்பம் தாங்கும் பாறை, உலோகப் பொருள்கள் இவற்றின் துகள்கள் மட்டுமே இருந்திருக்க முடியும். அதே சமயத்தில், சூரியனிடமிருந்து வெகு தொலைவில், அத்தட்டின் குளிர்மிகுந்த வெளிப்புற மண்டலத்தில் துகள்கள், சூரியனைச் சூழ்ந்திருந்த படலத்தின் வாயுக்கள் குளிர்ந்து உறைந்து அவற்றின்மீது படிந்ததன் காரணமாக, பரிமாணத்தில் வளர்ந்து பெரிதாயின (படம் 12). நீராவி, கரியமிலவாயு, மீதேன், அம்மோனியா சம்பந்தமான மற்ற மூலக்கூறுகளுமே அவை. தூசுத் தட்டின் துகள்களுடைய இரசாயன இயைபிலிருந்த வேறுபாடுகள் இடைநிலைக் கோளங்கள், அவற்றின் துண்டங்கள் ஆகியவற்றின் இரசாயன இயைபிலான வேறுபாடுகளாயின.

நுண்கிரகங்களை யொத்த கோளங்கள் ஒன்றுதிரண்ட நிகழ்ச்சிப்போக்கைத் தொடர்ந்து அவையிருந்த இடம் மேலும் மேலும் ஒளிபுகும் தன்மை பெறத் தொடங்கியது. பாறைப் பொருள்கள் மட்டுமே இருக்கக்கூடிய வெப்ப மண்டலத்தின் எல்லை இதனால் சூரியனிடமிருந்து சற்று தொலைவில் செல்ல வேண்டியதாயிற்று. எளிதில் ஆவியாகும் பொருள்களாலான துகள்களும், கோளங்களும் திரளின் உட்புற மண்டலத்துக்கு ஊடுருவி வந்தபோது அவை விரைவில் ஆவியாயின; அவற்றில் சிறிதளவிலிருந்த பாறைக் கலப்புகள் மட்டும்தான் ஆவியாகாது எஞ்சி நின்றன.

சுருங்கி இறுகுதல், ஆவியாதல் ஆகிய நிகழ்ச்சிப் போக்கின் போது ஏற்பட்ட இந்த மண்டல வேறுபாடுகளின் விளைவாய் இறுதியில் கிரகங்கள் தற்போதைய இரு வகை பிரிவுகளாகப் பிரிக்கப்பட்டன.

ஒப்பளவில் சிறியவையான பௌமியக் கிரகங்கள், சூரியனுக்கு அருகில் பாறைப் பொருள்களிலிருந்து உருவாயின; நெடுந் தொலைவில் லேசான பொருள்களைக் கொண்டு பிரம்மாண்டக் கிரகங்கள் உருவாயின (படம் 13). பிரம்மாண்டக் கிரகங்களின் வளிமண்டலங்களில் மீதேனும், அம்மோனியாவும் அதிகமாக உள்ளன என்பதை நிறமாலைப் [spectrographical] பரிசீலனைகள் தெரிவிக்கின்றன. புளூட்டோ மிகச் சிறியதாக இருப்பதற்குக் காரணம், அது கிரக மண்டலத்தின் வெளி எல்லையில் இருப்பதுதான். ஆனால் அதன் இயைபைப் பொறுத்த மட்டில் அது பிரம்மாண்டக் கிரகங்களின் பிரிவில் வைக்கப்பட வேண்டும்.



படம் 13. தூசுத் தட்டில் வெப்பநிலை வினியோகமும் கிரகங்கள் இரு பிரிவுகளாகப் பிரிக்கப்படுதலும். இந்தப் படமும் 12ஆம் படமும் சூரியனிடமிருந்து பல்வேறு தொலைவுகளில் தூசுச் செறிவு மாறுபடுவதைத் தூசுத் தட்டின் பல்வேறு பருமன்கள் மூலமாய்க் காட்டுகின்றன. தட்டின் உட்பகுதியால் ஏற்படும் நிழல் கோடுகளிட்டுக் காட்டப்படுகிறது

பௌமியக் கிரகங்கள், பிரம்மாண்டக் கிரகங்கள் இவற்றின் இரசாயன இயைபில் வேறுபாடு தோன்றியது பற்றிய இந்த விளக்கத்தில் தீர்வுகாணப்படாத ஒரு முக்கியப் பிரச்சினை எஞ்சியிருக்கிறது. வியாழனிலும் சனியிலும் நீரகம் பேரளவில் உள்ளது (கீழே 122-123 ஆம் பக்கங்கள் பார்க்க). நீரகமோ மிகவும் எளிதில் ஆவியாகும் பொருள். இந்தக் கிரகங்களின் இயைபில் அது எப்படி வந்தது? நீரகம் சுருங்கி இறுகுவதற்கு, திடத் துகள்கள்மீது அது பனிக்கட்டிகளாய் உறைவதற்கு, சுமார் —268° சென்டிகிரேடு, அதாவது, தனியியல் சுன்னத்துக்கு 5° மட்டுமே அதிகமான வெப்பநிலை இன்றியமையாதது. சூரியக் கதிர்கள் தூசுப் படலத்தின் மேற்பகுதிகளை அறவே எட்டாமல் இருந்து, நட்சத்திரங்களிலிருந்து வந்த ஒளி மட்டுமே அவற்றுக்கு வெளிச்சம் ஊட்டியது என்றால் வெப்பநிலை —270° சென்டிகிரேடு (3°K) வரை தாழ்ந்திருக்கும், நீரகம் சுருங்கி இறுகுவது சாத்தியமாகியிருக்கும். ஆனால் சூரியக் கதிர்கள் சிறிதளவு ஊடுருவியிருந்தாலுங் கூட வெப்பநிலை உயர்ந்திருக்கும், நீரகம் சுருங்கி இறுகுவது அசாத்தியமாகியிருக்கும். உதாரணமாக, சூரியனுக்கு அருகில் இருந்த படலப் பகுதிகள் உட்பட எங்கும் தூசுத் துகள்கள் சூரியனின் மையத் தளத்தில் செறிந்திருந்தால், சப்ரோனவ் (1962) காட்டியதுபோல, கணிசமாகத் தடித்த அளவுக்குப் பரவி, அக்காரணத்தால் சூரியனால் ஒளியுறுத்தப்பட்ட வாயுக்களில் ஒளியின் சிதறல், தூசுத் தட்டின் வெளிப்பகுதிகளது வெப்பநிலையை 10° முதல் 30° K வரை உயர்த்தியிருக்கும். ஆனால் சூரியனது கதிர் வீச்சு, சிறப்பாக அதனால் இறைக்கப்பட்ட ஒளித் துகள் [corpuscles] பெருக்குகள் ஆதிமூலக் கிரகப் படலத்தின்

உள் விளிம்பு மீது தாறுமாறான கொந்தளிப்பு இயக்கங்களுக்கு உதவி, தூசு வாயுக்களுடன் கலந்து விரவி, தடித்த அளவுக்குப் பரவியிருக்கச் செய்திருந்தால், தூசுத் தட்டின் வெளிப்பகுதி மட்டுமே அல்ல, வாயுப் படலத்தின் வெளிப்பகுதிகூட நிழலில் இருந்திருக்கும். அவ்வாறானல் சூரியனிடமிருந்து தொலைவில் துகள்களின் வெப்பநிலை 5° K வரை தாழ்ந்திருக்கலாம், நீரகம் அவற்றின்மேல் பனிக்கட்டிகளாய் உறைந்து திட நிலையில் வியாழனுடையவும் சனியுடையவும் இயைபில் சேர்ந்திருக்கலாம்.

ஆனல், எப்படியும் நீரகம் உறையவில்லை போலும், வாயுவடிவ நிலையில் இந்தக் கிரகங்களின் இயைபில் ''இழுக்கப்பட்டுவிட்டது'' போலும். முதன்மையாக எளிதில் ஆவியாகும் (ஆயினும் நீரகம் போன்று அவ்வளவு எளிதில் ஆவி ஆகாத) பொருள்களைக் கொண்ட திடத் துகள்கள் திரட்சியடைந்து ''கருநிலையிலிருந்த'' வியாழனதும் சனியினதும் நிறையை பூமியின் நிறையைப்போல் 1 முதல் 5 மடங்கு வரை அதிகமாக்கிய போதே இது நிகழ்ந்திருக்க வேண்டும். தவிர, வாயு நிலையிலிருந்த நீரகம் ஆதிமூலக் கிரகப் படலத்திலிருந்து இடைவெளியில் விரிவாகப் பரவுவதற்கு முன்பே, திரட்சியடைவதானது கணிசமான விரைவுடன் நிகழ்ந்திருக்க வேண்டும். திடத் துகள்கள் எளிதில் ஆவியாகாத பொருள்கள் மட்டுமே கொண்டிருந்தால் இவ்வளவு விரைவாய்த் திரட்சியடைவது அரிதாயிருந்திருக்கும். எனவே, வியாழனிலும் சனியிலும் நீரகம் இருப்பதற்கான இந்த விளக்கத்திலும் அவை குளிர்ப் பிரதேசத்தில் உருவாயின என்பது முக்கியப் பங்கு ஆற்றுகிறது.

கிரகங்களின் இரு வகைகளுக்கு இடையில் இயைபி லும் நிறையிலும் இருக்கும் வேறுபாடுகள் தனிமங்கள், அவற்றின் சேர்மங்களது இரசாயன இயல்புகளும், குறிப் பிட்ட வெப்பநிலைகளில் திடத் துகள்களாகச் சுருங்கி இறுகுவதற்கு அவற்றுக்குள்ள திறனும்தான் காரணம் என்பது புலனுகிறது.

இதன்முன் விளங்காத புதிராக இருந்த பூமியின் இர சாயன இயைபின் சிறப்புகளுக்கும் இதே இயல்புகள்தான் காரணமாகும். உதாரணமாக, பூமியில் நைட்ரஜனைவிட 10,000 மடங்கு அதிகமாக உயிரகம் உள்ளது (பூமியின் வளிமண்டலத்தில் மட்டுமல்ல, பூமி முழுவதிலுமாக). ஆனால் சூரியனிலும், பொதுவாகப் பேரண்டத்திலும் நைட்ரஜனைவிட உயிரகம் மூன்றிலிருந்து ஐந்து மடங்கே அதிகமாக உள்ளது. இதற்குக் காரணம் இரசாயன வழி யில் உயிரகம் செயல் வன்மை மிக்கது, ஆனால் நைட்ரஜன் செயல் மந்தமானது. உயிரகச் சேர்மங்களான உயிரகை கள்தான் பூமி உருவாயுள்ள பாறைத் துகள்களின் பிர தான உள்ளடக்கக் கூறுகளாகும். இரசாயன வழியில் செயல் மந்தமான நைட்ரஜன் இவற்றில் சொற்ப அளவே தான் காணப்படுகிறது.* அண்டவெளியில் பெரும் அளவில்

---

* நைட்ரஜன் பாறைகளில் மிகவும் குறைந்த அளவும் காற்றில் ஏறத்தாழ 80 சதவீதமும் இருக்கிறது என்று லும், பூமியிலுள்ள நைட்ரஜனில் மிகப் பெரும் பகுதி பூமியின் உட்பகுதியினுள் குவிந்திருக்கிறது. இதற்குக் காரணம் என்னவென்றால், பூமியின் வளிமண்டலத்தின் நிறை பூமியின் மொத்த நிறையில் பத்துலட்சத்தில் ஒரு பங்கே என்பதுதான்.

உள்ள நைட்ரஜன் ஒரே சேர்மமாவது அம்மோனியா (NH_3) தான். எளிதில் ஆவியாகும் பொருளான இது பூமியினது மண்டலத்தில் நிலவும் வெப்பநிலையில் ஆவி யாக உள்ளது.

பூமியில், நியான், க்ரிப்டான், க்ஸெஞன் போன்ற மந்த வாயுக்கள் நைட்ரஜனைவிட பன்மடங்கு சொற்பமான அளவே உள்ளன. இவை சாதாரணமாய் இரசாயனச் சேர்மங்களாவதில்லை. நட்சத்திரங்கள், முகிற்படலங்கள் ஆகியவற்றில் உள்ளதைவிட, பூமியில் நூறு கோடிக் கணக்கான மடங்கு குறைவான நியானே இருக்கிறது பத்துக் கோடிக் கணக்கான மடங்கு குறைவான க்ரிப்டா னும், லட்சக் கணக்கான மடங்கு குறைவான க்ஸெஞனும் தான் காணப்படுகின்றன.*

வெப்பமிக்கச் சூரிய வாயுக்களின் திரட்சிகளிலிருந்து கிரகங்கள் தோன்றின என்று கூறும் முந்திய விண்கோ ளியல் கருதுகோள்கள் கிரகங்கள் இரண்டு பிரிவுகளாக இருப்பதற்குக் கீழ்க்கண்டவாறு விளக்கம் தந்தன. நீரக மும் ஹீலியமும் சூரியப் பொருளின் பெரும் பகுதியாக

---

* ஹீலியமும் ஆர்கானும் இங்கு குறிக்கப்படவில்லை. ஏனென்ருல் கதிரியக்கத் தனிமங்களது சிதைவின் மூலம் அவை பூமியில் பெருமளவில் உண்டாக்கப்படுகின்றன. சமீபத்தியப் புள்ளிவிவரங்களின்படி, நியான், க்ரிப்டான், க்ஸெஞன் போன்றவையும் கதிரியக்கச் சிதைவின் உப பொருள்களாக மிகக் குறைந்த அளவில் உண்டாக்கப்படு கின்றன. இவ்விதமாக எல்லா மந்த வாயுக்களும் பூமியில் ஆரம்பத்தில் இருக்காவிடினும், பௌமியப் பொருளின் பரிணமத்தின்போது அவை பிற்பாடு உண்டாக்கப்பட்டு விட்டன.

அமைந்துள்ளன; தொடக்கத்தில் எல்லாக் கிரகங்களின் இயைபிலும் பளுவான இரசாயனத் தனிமங்களுடன் கூடவே, இந்த இலேசான வாயுக்களும் மிகுதியான அளவு களில் பங்கு பெற்றன. ஆனுல், பிரம்மாண்டக் கிரகங்கள், அவற்றின் அதிகமான மேற்பரப்பு ஈர்ப்பு சக்தியின் காரணமாய் இவ்வாயுக்களின் அணுக்களேயும் மூலக்கூறு களேயும் இழக்காது பாதுகாத்துக் கொண்டன. ஆனுல் சிறிய பௌமியக் கிரகங்கள், குறைந்த ஈர்ப்பு சக்தியே பெற்றிருப்பதால், இவற்றை இழந்துவிட்டன.

கிரகங்கள் அப்பொழுது இன்னமும் உயர் வெப்ப நிலையிலே இருந்ததால், வாயு அணுக்கள் மிகுந்த வேகத் துடன் இயங்கி வந்தன என்றும், இலேசாகவும் அதனுல் விரைவு மிக்கனவாயுமுள்ள நீரக, ஹீலிய அணுக்கள் பௌமியக் கிரகங்களிலிருந்து அனேகமாய் முழு அளவுக் குத் தப்பி ஓடுவதில் வெற்றி பெற்றன என்றும், சற்று கனமான தனிமங்களின் அணுக்கள் ஓரளவிற்கே தப்பித்து ஓட முடிந்ததென்றும், நடுத்தர கனமும் மிகுதியான கனமுமுள்ள தனிமங்களின் அணுக்கள் முழு அளவுக்கு இருத்தி வைத்துக் கொள்ளப்பட்டனவென்றும் கூறப் பட்டது. இந்தக் கிரகங்கள் குளிர்ந்தபொழுது பாறைப் பொருள்கள் (இவைதாம் அவற்றின் நிறையில் பெரும் பகுதி) தோன்றின. ஆனுல் பிரம்மாண்டக் கிரகங்கள் குளிர்ந்தபொழுது, நீரகத்தில் ஒரு பகுதி ஏனேய இரசாயனத் தனிமங்களுடன் கலந்து நீரகம் மிகுந்த சேர்மங்களான மீதேன், அம்மோனியா போன்றவற்றைத் தோற்றுவித்தது.

இவ்வாருக இக்கருதுகோள்களின்படி கிரகங்களின் இரசாயன இயைபில் காணப்படும் வேறுபாட்டிற்குக்

காரணம், அவற்றின் நிறைகளிலுள்ள வேறுபாடும், லேசான வாயுக்களின் இழப்பைத் தடுத்த அவற்றின் ஈர்ப்பு சக்தியிலுள்ள வேறுபாடுமேதான். அண்மை ஆண்டுகளில் இக்கருத்திற்கு இரண்டு பெரும் தடைகள் ஏற்பட்டுள்ளன. சனியின் துணைக்கோளான டைட்டானில் [Titan] வளிமண்டலம் கண்டுபிடிக்கப்பட்டது முதலாவது தடையாகவும், வாயுக்களின் சிதறியோடிவிடும் நிகழ்ச்சிப் போக்கு பற்றிய தத்துவார்த்த ஆராய்ச்சி இரண்டாவது தடையாகவும் அமைந்துவிட்டன.

1944ஆம் ஆண்டில் அமெரிக்க வானியலாளர் கெய்ப்பர், டைட்டானுக்குப் பெரியதொரு வளிமண்டலம் இருக்கிறது என்று கண்டுபிடித்தார். இதில் மீதேன் இருக்கிறது; அனேகமாக அம்மோனியாவும் இருக்கலாம். டைட்டான் சின்னஞ்சிறு கோள். இதன் நிறை பூமியின் நிறையைவிட 40 மடங்கு குறைவானது. இதற்கு ஈர்ப்பு சக்தி மிகவும் குறைவு. உயர் வெப்பநிலையில் வேண்டாம், குளிர்ந்த நிலையிலும்கூட இது நீரகத்தைச் சிதறவிடாமல் பாதுகாத்துக் கொள்ள சக்தியற்றது. அது மட்டுமல்ல, நீரகத்தைவிட எட்டு மடங்கு கனமான மீதேனையும்கூட தற்பொழுது இழக்காமல் பாதுகாத்துக் கொள்வது இக்கோளுக்குக் கடினமாகும். சூரியனிடமிருந்து வெகு தொலைவில் இருப்பதால் இக்கோளின் வெப்பநிலை மிக மிகக் குறைவு (சுமார் —150° சென்டிகிரேடுதான்); இருந்த போதிலும் இது மீதேனை இழந்துவிடாமல் பாதுகாப்பது மிகவும் கடினம்தான். டைட்டானின் மேற்பரப்பு வெப்பநிலை 100° அல்லது 150° உயர்ந்தால், அதாவது 0° சென்டிகிரேடாகிவிட்டால், மீதேன் வெகு விரைவில் சிதறடிக்கப்பட்டுவிடும்.

டைட்டானே மீதேன்-அம்மோனியா வளிமண்டலம் சூழ்ந்திருப்பது கண்டுபிடிக்கப்பட்டதானது பிரம்மாண்டக் கிரகங்களைச் சுற்றி இவ்வித வளிமண்டலங்கள் இருப்பதற்கும் அவற்றின் நிறைக்கும் எவ்விதத் தொடர்பும் இல்லை என்று காட்டியுள்ளது. மேலும் இது, சூரிய மண்டலத்தில் ஒருபோதும் வெப்பமான நிலையில் இருந்திராத கோளங்கள் உள்ளன என்பதையும் காட்டுகிறது.

உயர்ந்த வெப்ப நிலையில் உள்ள வாயுத் திரட்சிகளிலிருந்து லேசான வாயுக்கள் மிகவும் விரைவாகப் பிரிந்திருக்க வேண்டுமென்றும், கிரகங்களின் இரு பிரிவுகளிடையிலுமுள்ள வேறுபாடுகளுக்கு இதுவேதான் காரணமென்றும் கூறும் கருத்து பல ஆண்டுகளாய் நிலவி வந்தது. வாயுத் திரட்சிகளுக்கு, வேருெரு நிலைமையில் நடைபெறும் வாயுச் சிதறலுக்கு உரித்தான சூத்திரங்களை, அதாவது கிரகத்தின் திட கோளத்துக்குள்ள ஈர்ப்பு சக்திக்கு உட்பட்ட வளிமண்டலத்தின் சிதறலுக்கு உரித்தான சூத்திரங்களை, தவருனபடி பிரயோகித்து மேற்கூறிய பழைய முடிவுகள் எடுத்துரைக்கப்பட்டன என்பதை 1951ல் ஷ்க்லோவ்ஸ்கிய் [Shklovsky] தெளிவுபடுத்தினுர். கிரகத்துடன் ஒப்பிடும் போது மிகவும் குறைந்த நிறை கொண்ட வளிமண்டலத்தைப் போலல்லாது தனது சொந்த ஈர்ப்பு சக்தியின் மூலமாகவே பிணைக்கப்பட்டும் தன்னில் கணிசமான பகுதியை இழக்கும் நிலையிலுமுள்ள வாயுத் திரட்சியின் விவகாரத்தில், வாயுக்கள் அணு எடைக்கு தக்கவாறு பிரியாமல், முழுவதுமாகச் சிதறிச் செல்ல வேண்டும்; அல்லது, எடைக் குறைவான தனிமங்கள் சிதறிச் செல்வதும் கனமானவை எஞ்சி நிற்பதுமான இந்நிகழ்ச்சிப்போக்கு சூரிய மண்டலத்தின் வயதைவிட

நூற்றுக் கணக்கான மடங்கு அதிகமான காலம் தேவைப் படும்படி அவ்வளவு மெதுவாகவே நடந்தேற வேண்டும்.

சூரியனின் இயைபு நமக்குத் தெரியும். இதிலிருந்து, பூமியின் பொருளைச் சூரியனிலுள்ள பொருளின் இயை புடையதாக்குவதற்கு பூமியின் பொருளுடன் எவ்வளவு நீரகமும் ஹீலியமும் எடைக் குறைவான இதரத் தனிமங் களும் சேர்க்கப்பட வேண்டும் என்பதைக் கணக்கிடலாம். இதற்கு, தற்பொழுதுள்ள பூமியின் நிறையைவிட டஜன் கணக்கான மடங்கு (ஏன், நூற்றுக் கணக்கான மடங்கு) நிறையுள்ள பொருள்களைச் சேர்க்க வேண்டியிருக்கும்.* அதாவது யுரேனஸ், நெப்டியூன் ஆகியவற்றைவிட மிகவும் கூடு தலான நிறையுள்ள—சனியின் நிறைக்கு ஒப்பான—வாயுத் திரட்சியைச் சேர்க்க வேண்டியிருக்கும். ஆனால் இக்கிரகங்கள் எடைக் குறைவான வாயுக்களை இழக்கவில்லை, அவற்றை ஏராளமான அளவில் தம்மிடம் வைத்திருக்கின்றன என்பது தெரிந்ததே.

கிரகங்களின் நிறையிலும், இரசாயன இயைபிலுமுள்ள வேறுபாடுகளுக்கு வாயுக்களின் சிதறலே காரணம் என்ற கருத்திற்கு இவ்வாறு கடுமையான ஆட்சேபனை கள் இருந்த போதிலும், ஒப்புநோக்கில் அண்மைக் காலம் வரை விண்கோளியல் கருதுகோள்களில் இக் கருத்து நிலவி வருகிறது (கெய்ப்பர், பெசேன்கவ்). உதாரணமாக, வியாழன் கிரகம் தோன்றக் காரணமா

---

* சமீப காலத்திய விவரங்களின்படி, (நிறை பொறுத்த மட்டில்) சூரியனது பொருளில் 98.5 சதவீதத்திலிருந்து 99 சதவீதம்வரை நீரகமும் ஹீலியமும் ஆகும்; 1—1.5 சதவீதம்தான் ஏனைய எல்லாத் தனிமங்களும்.

யிருந்த திரட்சியானது (''ஆதிமூல வியாழன்'') இன்றுள்ள வியாழன் கிரகத்தைப் போல் நிறையில் 3 மடங்கு பெரிதாக இருந்ததென்றும், ''ஆதிமூலப் பூமி'' இன்றைய பூமியைவிட 120 மடங்கு பெரிதாக இருந்ததென்றும் கெய்ப்பர் கூறுகிறுர். ஆனுல் ஒன்று; 1950ஆம் ஆண்டுகளின் மத்திய பகுதியில் கெய்ப்பர் தன்னுடைய கருத்துக்களை ஓரளவு மாற்றிக் கொண்டு, குளிர்ந்த பொருள் ஒன்றுதிரளுவதன் மூலமாய்ப் பல்வகை விண்கோள்கள் உருவாயின என்பதை ஒப்புக்கொள்கிறுர். 1958ஆம் ஆண்டிலிருந்து அவர் தமது கருதுகோளைக் கைவிட்டுவிட்டார்.

மேலே கூறப்பட்டதுபோல் பூமியில் உள்ள உயிரகம், நைட்ரஜன் இவற்றின் அளவுகளில் காணப்படும் பெரிய வேறுபாடும், பூமியில் மந்த வாயுக்கள் மிகவும் குறைவாய் இருப்பதும் பூமியின் இயைபை நெறிப்படுத்தியது வாயுக்களின் சிதறலல்ல, வேறு காரணங்களே ஆகும் என்பதைக் காட்டுகின்றன. உயிரகமும் நைட்ரஜனும் ஏறத்தாழ ஒரே அணு எடை உள்ளவை. ஆகவே அவை ஏறத்தாழ ஒரே வேகத்தில் சிதற வேண்டும். நைட்ரஜன் பூமியில் குறைவாக இருப்பதற்குச் சிதறலே காரணம் என்றுல், உயிரகமும் மிகச் சொற்ப அளவுதானே எஞ்சியிருக்க வேண்டும்.

க்ரிப்டான், க்ஸெனுன் அணுக்கள் நீர், உயிரகம், நைட்ரஜன் ஆகியவற்றின் மூலக்கூறுகளைவிடக் கனமானவை. விரைவான சிதறல் சாத்தியமாய் இருந்திருந்தால், எடைக் குறைவான இந்த வாயுக்கள், க்ரிப்டான், க்ஸெனுன் ஆகியவற்றிற்கு முன்பாகவே சிதறிச் சென்றிருக்கும். ஆனுல் பூமியில் இவை அதிகமாய் உள்ளன; க்ரிப்டானும் க்ஸெனுனும்தான் மிக மிகச் சொற்பமாயுள்ளன. பூமியின்

இயைபு சம்பந்தமான இந்த இயல்புகள், பூமியானது திடக் கோளங்களிலிருந்தும் துகள்களிலிருந்தும் உருவானதன் விளைவுகளேயாகும். பூமி உருவானபோது இப்பொருள்கள், சூரியனிடமிருந்து பூமி இருக்கும் தூரத்தில் நிலவும் வெப்பநிலைகளில் திடநிலையில் இருந்திருக்க வேண்டுமே ஒழிய வாயு நிலையில் இருந்திருக்க முடியாது. மற்ற கிரகங்களுக்கும் அவற்றின் துணைக்கோள்களுக்குமுரிய தனி இயல்புகளும் இதேபோல, இக்கோள்கள் உருவான போது இருந்த வெப்பநிலைகளாலேயே நெறிப்படுத்தப்பட்டன என்று நாம் காட்ட முடியும்.

பௌமியக் கிரகங்களின் அடர்த்திகள் 3.9 கிராம் கனசென்டிமீட்டருக்கும் (செவ்வாய்), 5.5 கிராம் கனசென்டிமீட்டருக்கும் (பூமி) இடைப்பட்டவை (அட்டவணை 1ஐப் பார்க்கவும்). சந்திரனும் ஆதிமூலப் படலத்தின் உட்புற மண்டலத்திலிருந்து உருவானதுதான். சந்திரனின் அடர்த்தி 3.3 கிராம் கனசென்டிமீட்டர் ஆகும். இந்த விண்கோள்களை அவற்றின் நிறையின் பிரகாரம் வரிசைப்படுத்தினால், சந்திரன், செவ்வாய், வெள்ளி, பூமி ஆகியவற்றின் சராசரி அடர்த்தி ஒரு விதிமுறைப்படிக் கூடிக்கொண்டே செல்வதைக் காணலாம் (3.3; 3.9; 5.1; 5.52). ஆனால் புதன் மட்டும் இதற்கு ஒரு விதிவிலக்கு. புதன் கிரகம் செவ்வாயில் பாதி நிறையைக் கொண்டிருந்தபோதிலும், அடர்த்தியில் அதைவிட 18 மடங்கு பளுவான பூமிக்கு அனேகமாய்ச் சமமாயிருக்கிறது.

பூமியின் அடர்ந்த உட்கரு இரும்பால் ஆனது என்ற பழைய கருத்துக்களை ஆதாரமாகக் கொண்டால் பௌமியக் குழுவைச் சேர்ந்த கோள்கள் வெவ்வேறான

இரசாயன இயைபு — இரும்பு உலோகத்தின் வெவ் வேறுஉள்ளடக்கம் — கொண்டிருக்கின்றன என்ற முடிவு தவிர்க்க இயலாதது ஆகும் (52-53ஆம் பக்கங்களில் ஏற்கன வே கூறியுள்ளது போல, யூரீ இத்தகைய நோக்கையே மேற் கொள்கிருர்). ஆனுல் புதிய கருத்தின்படி பூமியின் அடர்ந்த உட்கரு பாறைப் பொருளால் ஆனது. பெருத்த அழுத் தத்தின் பாதிப்பினுல் இந்தப் பொருள் அடர் நிலே அடைந் தது (இது பற்றிக் கீழே 162ஆம் பக்கம் பார்க்க). புதிய கருத்துப்படியான கணக்கீடுகள் சந்திரன், செவ்வாய், வெள்ளி, பூமி ஆகியவை ஓரளவுக்கு ஒரே இரசாயன இயைபைக் கொண்டவை என்பதைப் புலப்படுத்துகின் றன; இவற்றின் சமமற்ற சராசரி அடர்த்திக்குக் காரணம், இவற்றின் உள்ளழுத்தத்தில் இருக்கும் வேறுபாடே ஆகு மென்பதை இக்கணக்கீடுகள் தெரியப்படுத்துகின்றன. கோள் பெரிதாகப் பெரிதாக அதன் ஈர்ப்பு சக்தி அதிக மாகிறது; இதற்கேற்ப வெளி அடுக்குகளால் உட்புற அடுக்குகளில் ஏற்படும் அழுத்தமும் அதிகமாகிறது. இதனுல் உட்பகுதியிலுள்ள பொருள்களின் அடர்த்தி மிகவும் கூடுதலாகிவிடுகிறது. சந்திரனிலும் செவ்வாயி லும், இந்த அழுத்தம் பொருளே மிகுந்த அடர்வுடைய தாக மாற்றும் 'திரும்புமுனே' அளவை மையத்தில்கூட அடைவதில்லே. அதனுல் இந்தக் கோள்களில் அடர்ந்த உட்கரு இல்லே. ஆயினும் அளவில் பெரிய செவ்வாயின் உட்பாகங்களில், பொருள் ஒப்புநோக்கில் சிறிய சந்திர னின் உட்பாகங்களில் உள்ளதைவிட அதிக அடர்நிலேக்கு இறுக்கப்பட்டிருக்கிறது. அவற்றின் சராசரி அடர்த்தியில் உள்ள வேறுபாட்டிலும் இது காணப்படுகிறது. வெள்ளி யிலும் பூமியிலும் மையப் பகுதியில் அழுத்தம் "திரும்பு

முனே'' அளவை விஞ்சிவிடுகிறது. எனவே இந்தக் கிரகங்கள் அடர்ந்த உட்கருக்கள் பெற்றுள்ளன. அதிலும் அளவில் பெரிய பூமியில் உட்கருவின் அளவுகளும் பெரியவை.

புதனைப் பொறுத்தவரையில், அது எடை மிக்க பொருளால் ஆனது என்பதை அதன் குறைந்த நிறையும் பெருத்த அடர்த்தியும் காட்டுகின்றன. புதன் சூரியனுக்கு மிக அருகில் உள்ள கிரகம் ஆகும். எனவே அது சூரியக் கதிர்களால் கடுமையாகக் காய்ச்சப்பட்ட அல்லது அதிக உயர்ந்த வெப்பநிலையில்கூடக் சுருங்கி இறுகக் கூடிய திடப்பொருள்களால் உருவானது. அதன் அடர்த்தி மிகுதியாய் இருப்பதற்கு இதுவே காரணம் போலும். சுருங்கி இறுகுதல் 600°Kக்குக் குறைந்த வெப்பநிலையில் நிகழ்ந்தால் இரும்பானது உயிரகைகளின் வடிவில் பாறைப் பொருளின் இயைபில் சேர்ந்து விடுகிறது. சுருங்கி இறுகுதல் 600°Kக்கு மேற்பட்ட வெப்பநிலையில் நிகழ்ந்தால், பேரளவில் நீரகம் இருப்பதன் காரணமாக இரும்பு உலோகத் துகள்கள் ஆகிவிடுகிறது. சூரியக் கதிர்வீச்சின் தற்போதையச் செறிவில் புதன் பிரதேசத்தில் துகள்களின் வெப்பநிலை 400° முதல் 500°K ஆகும். அதாவது (நீரகம் இருக்கும்போது), துகள்கள் இரும்பு உலோகமாகச் சுருங்கி இறுகுவதற்கு இந்த வெப்பநிலை போதாது. ஆனல் கடைசி விவரங்களின்படி (அத்தியாயம் 4ஐப் பார்க்க) ''ஆதிமூலச் சூரியன்'' சுருங்கி இறுகிய கடைசிக் கட்டங்களில் அதன் கதிர்வீச்சு மிகப் பெரிதாயிருந்தது. ஆதிமூலக் கிரகப் படலத்தின் உள் விளிம்பில் — எவை பிற்பாடு திரண்டு புதனை உருவாயினவோ அந்தத் துகள்கள் சுருங்கி இறுகிய இடத்தில் — வெப்பநிலை 600°Kக்கும் மேலே இருந்தது. இதன் விளைவாகவே கணிசமான

அளவில் இரும்புத் துகள்கள் உருவாயின என்று கருதலாம். இவையே பின்னர் புதனுடைய இயைபில் சேர்ந்து அதன் மிகுந்த அடர்த்திக்குக் காரணமாயின.

பாறைப் பொருளாலான கோள்கள், பிரம்மாண்டக் கிரகங்களுக்குரிய மண்டலத்திலும் காணப்படுவது குறிப்பிடத்தக்கதாகும். வியாழனின் துணைக்கோள்களான அயோவும் [Io] ஐரோப்பாவும் [Europa] இத்தகைய கோள்களே.

கலிலேயோவால் [Galileo] கண்டுபிடிக்கப்பட்ட பிரதான வியாழத் துணைக்கோள்கள் நான்கும் அடிப்படையிலே வித்தியாசமான அடர்த்திகளைப் பெற்றுள்ளன (அட்டவணை 5).*

இத்துணைக்கோள்களுடைய அடர்த்திகளிலுள்ள வேறுபாட்டிற்கும், இவற்றின் நிறைகளிலுள்ள வேறுபாட்டிற்கும் எந்த விதமான தொடர்பும் இல்லை. எப்படியும் இவற்றின் உள்ளழுத்தம் இவற்றின் அடர்த்தியைப் பாதிக்கும்படியான அளவுக்கு இக்கோள்களின் நிறைகள் பெரியதாயில்லை. அடர்த்தி வேறுபாடு, வியாழனிலிருந்து இத்துணைக்கோள்கள் இருக்கும் தொலைவுகளுடன்தான் சம்பந்தப்பட்டிருக்கிறது. துணைக்கோள் எவ்வளவுக்கு எவ்வளவு மூலக் கிரகத்திற்கு அருகில் இருக்கிறதோ, அவ்வளவுக்கவ்வளவு அதன் அடர்த்தியும் அதிகமாக இருக்கிறது. (இத்துணைக்கோள்களின் அளவுகளும் நிறைகளும் துல்லியமாகக் கணக்கிடப்படவில்லை; அட்டவணை 5ல் உள்ள அடர்த்தி பற்றிய விவரங்கள் துல்லியமானவை அல்ல.) வியாழனிலிருந்து வெகு தொலைவிலுள்ள துணைக்கோள்களான

---

* வியாழனின் மற்ற எட்டுத் துணைக்கோள்களின் அடர்த்திகள் தெரியவில்லை.

அட்டவணை 5

வியாழனுடைய பிரதான துணைக்கோள்களின் அடர்த்தி

துணைக்கோளின் பெயர்	வியாழனிலிருந்து உள்ள தூரம் (வியாழனின் ஆரம் = 1)	நிறை (பூமியின் நிறை = 1)	அடர்த்தி கிராம் சென்டி மீட்டரில்
அயோ	5.9	0.012	3.2
ஐரோப்பா	9.4	0.008	3.0
கானிமீடு.	15.0	0.026	2.4
காலிஸ்டோ	26.4	0.015	1.6
சந்திரன் . . .	—	0.0123	3.33

கானிமீடும் காலிஸ்டோவும் குறைவான அடர்த்தி பெற்றிருப்பதானது, பாறைப் பொருள்கள் இவற்றின் நிறையில் பாதிக்கும் குறைவாகவே உள்ளன என்பதைக் காட்டுகின்றது. எஞ்சிய பொருள்கள் எடை குறைந்ததாய் இருக்க வேண்டும்; திட வடிவிலமைந்த கரியமிலவாயு போன்ற பொருளாக இருக்கலாம்.

வியாழனின் துணைக்கோள்களுடைய அடர்த்திகள், இயைபு இவை பற்றிய இந்தப் புள்ளிவிவரங்கள், இத்துணைக்கோள்கள் தோன்றியபோது வியாழனின் மேற்பரப்பு வெப்பம் மிக்கதாகவே இருந்ததென்பதைக் காட்டுகின்றன. ஆதியில் சூரியனைச் சூழ்ந்திருந்த வாயு-தூசுப் படலத்தின் வெப்பநிலைகள் உட்பகுதியிலும் வெளிப் பகுதியிலும் சூரியனின் கதிர்வீச்சின் காரணமாய் வேறுபடலாயிற்று என்பதையும், இதனுல் கிரகங்கள் இரண்டு வகைப் பட்டனவாய்ப் பிரிக்கப்பட்டன என்றும் முன்னரே பார்த்தோம். வியாழனின் கதிர்வீச்சும் இது போன்றதொரு விளைவை ஏற்படுத்தியது. வியாழனைச் சூழ்ந்திருந்த துகள் திரளின் உட்பகுதியானது வெளிப்பகுதியைவிட அதிகமாகச் சூடேறியிருந்தது. இதனுல் துகள்களின் இரசாயன இயைபில் மண்டலப் பாகுபாடு ஏற்பட்டது. இந்தப் பாகுபாடு துணைக்கோள்களின் இயைபில் வேறுபாடுகளை உண்டாக்கியது. மேலும் பாறைப் பொருள்கள் மட்டுமல்லாமல் எளிதில் ஆவியாகும் பொருள்களும் கலந்திருக்கும் தொலைக் கிரகங்கள் பாறைப் பொருள் நிரம்பிய பௌமியக் கிரகங்களைவிட நிறையில் பெரியவையாக இருப்பது போலவே, வியாழனது துணைக்கோள்களில் மூலக் கிரகத்துக்கு அருகிலுள்ள இரண்டையும்விட தொலைவிலுள்ளவை இரண்டும் அதிக நிறையுடையனவாய் இருக்கின்றன.

தற்பொழுது வியாழனின் கட்புலனுகும் பரப்பு, அதாவது அதன் வளிமண்டலத்தில் மிதக்கும் மேகங்களது அடுக்கின் பரப்பு, குளிர்ச்சியாக உள்ளது. வியாழனின் உட்பகுதி வெப்பமாக இருக்கலாம். ஆனால் உள்ளிருந்து மேற்பரப்பிற்கு வெப்ப ஓட்டம் அளக்க முடியாத அளவுக்கு மிகக் குறைவாக இருக்கிறது. அதன் துணைக்கோள்கள் உருவானபோது வியாழனில் நிலவிய உயர்ந்த வெப்பநிலை, அதன் பிரம்மாண்டமான நிறையுடன் தொடர்பு கொண்டதாகும். தற்பொழுது உள்ள நிறையைவிட பாதியளவு நிறையைப் பெற்றிருந்தபோதே வியாழன் அதன் மீது விழுந்த துகள்களையும் கோளங்களையும் மிகவும் சக்தியுடன் கவர்ந்திழுத்தது. இவை அதன் மேல் அடுக்குகளில் மிகவும் கடுமையான வேகத்தில் பாய்ந்தன. இவற்றின் இயங்கு ஆற்றல் வெப்ப ஆற்றலாக மாறியதால், கணிசமான கதகதப்பு உண்டாயிற்று. வியாழனுக்கு அருகாமையிலுள்ள துணைக்கோள்கள் அதிக அடர்த்தி பெற்றுள்ளதும், தொலைவில் செல்லச் செல்லத் துணைக்கோள்களின் அடர்த்தி குறைவதும் இந்தக் கதகதப்பு நிகழ்ச்சிப் போக்கின் இன்றைக்கும் நடைபெறும் விளைவேயாகும்.

பிரம்மாண்டக் கிரகங்களும் அவற்றின் அடர்த்தியில் வேறுபடுகின்றன (அட்டவணை 1ஐப் பார்க்க). அவற்றின் அடர்த்தியையும் எடையையும் ஒப்பிடுவதன் மூலம், கணக்கீடுகள் எதுவுமின்றியே, அடர்த்தியிலுள்ள வேறுபாட்டிற்குக் காரணம், இரசாயன இயைபிலுள்ள வேறுபாடுதான் என்பதைக் காணலாம். வியாழனும் சனியும் யுரேனஸ், நெப்டியூன் இவை இரண்டையும்விட நிறையில் மிக மிகப் பெரியவை. எனவே அவற்றின் உள்ளழுத்தம் யுரேனஸ், நெப்டியூனிலுள்ளதை விட மிகவும் அதிகமா

னது. ஆனால் அவற்றின் அடர்த்தி யுரேனஸ், நெப்டியூனின் அடர்த்தியைவிடக் குறைவானது. எனவே அவை எடைக் குறைவான பொருளால் ஆனவை.

யுரேனஸ், நெப்டியூன் இரண்டும் அனேகமாய்ச் சம நிறை கொண்டவை. ஆனால் நெப்டியூனின் அடர்த்தி யுரேனஸின் அடர்த்தியைவிட குறிப்பிடத்தக்க அளவு அதிகமானது. ஆகவே நெப்டியூனின் பொருள் யுரேனஸினுடையதைவிடக் கனமானது. வியாழன், சனி ஆகியவற்றை ஒப்பிட்டால், சனியின் அடர்த்தி குறைவாக இருப்பதற்கு, அதனுடைய குறைவான நிறையும், குறைவான உள்ளழுத்தமும்தான் காரணம் என்பது தெரியும். ஆகையினால் விசேஷக் கணக்குகள் இல்லாமல், இவ்விரு கிரகங்களும் இயைபில் ஒரே மாதிரியாக இருக்கிறதா இல்லையா என்று தெரிந்து கொள்ள முடியாது.

மிக அதிகமான அழுத்தத்திற்கு உள்ளாகும்போது பல்வேறு பொருள்களும் எந்த அளவுக்கு இறுகுந்தன்மை [compressibility] கொண்டுள்ளது என்பது தெரிந்தால், வியாழனுடைய நிறைக்குச் சமமான நிறையுள்ள பொருளான ஒரு கோளத்தின் பரிமாணங்களைக் கணக்கிடலாம். நீரகத்தைத் தவிர மற்ற எல்லாப் பொருள்களும் வியாழனைவிட குறைவான பருமனுடைய கோளங்களாகவே அமையும். இயற்கையின் மிகவும் இலேசான பொருள் நீரகம்தான். இது ஒன்றுதான் வியாழனைவிடப் பெரியதான கோளமாக அமையும். எனவே வியாழன் கிரகம் நீரகத்தாலும் அதனைவிட கனமான இரசாயன தனிமங்களாலும் ஆனது என்பதும் விளங்குகிறது.

வியாழனதும் பிற கிரகங்களதும் மையப் பகுதிகளில் அழுத்தம் பல பத்துலட்சம் வளிமண்டலங்கள் வரை

இருக்கிறது. அண்மைக் காலம் வரை பெருத்த அழுத்தத்தில் வெவ்வேறு பொருள்களின் நிலை குறித்த ஆய்வக ஆராய்ச்சிகள் ஒரு லட்சம் முதல் இரண்டு லட்சம்வரை வளிமண்டல அழுத்தத்திற்குள்தான் நடத்தப்பட முடிந்தன. சென்ற சில ஆண்டுகளில்தான், பிரம்மாண்ட அளவுக்கு அழுத்தத்தை அதிகரிக்கச் செய்யும் வெடியதிர்ச்சிகளின் உதவியால், நாற்பது லட்சம் வரை வளிமண்டல அழுத்தத்தில் இரும்பும் வேறு சில உலோகங்களும் எந்த அளவுக்கு இறுகுந்தன்மை உள்ளவை என்பதைத் தீர்மானிக்க முடிந்தது. ஆனால் மற்றப் பொருள்களுக்கு இத்தகைய விவரங்கள்இன்னும் பெறப்படவில்லை. எனவே பிரம்மாண்டக் கிரகங்களின் இயைபு பற்றி ஆராயும்பொழுது நாம் நீரகம் இதரப் பொருள்களின் இறுகுந்தன்மை பற்றிய தத்துவார்த்தக் கணக்கீடுகளில் இறங்க வேண்டியிருக்கிறது. கோடி, பத்துக் கோடிக் கணக்கான வளிமண்டல அழுத்தங்களில் அணுக்களின் மின்னணு உறைகள் [electronic shells]அடியோடு''நொறுக்கப்பட்டுவிடுகின்றன''. இவ்வித நிலைமையில் பொருள்களின் இறுகுந்தன்மையைச் சரியாகக் கணக்கிட முடியும். ஆனால் பத்துலட்சக் கணக்கான வளிமண்டல அழுத்தங்களில் அணுக்களின் மின்னணு உறைகள் உருக்குலைக்கப்படுகின்றனவே ஒழிய அழிக்கப்படுவதில்லை. இதனால் இந்நிலைமையில் இறுகுந்தன்மையைத் தத்துவார்த்த முறையில் கணக்கிடுவது மிகவும் கடினமாகிவிடுகிறது.

வியாழனது 50 அல்லது அதிகம் போனால் 85 சதவீதத்திற்குக் குறையாமல் நீரகத்தால் ஆனதாக இருக்க வேண்டும் என்று கணக்கீடுகள் மூலம் தெரிய வருகிறது. சனிக் கிரகம் சம்பந்தமாய் இதே போன்ற கணக்கீடுகள்

அதில் இதைவிடச் சற்றுக் குறைவான அளவு (75 சதவீதத்துக்கு மேற்படாத) நீரகமே இருக்க வேண்டும் என்றும், வியாழனைவிட இதில் கனமான தனிமங்கள் சற்று அதிகமான விகிதத்தில் இருக்க வேண்டும் என்றும் புலப்படுத்துகின்றன. இருந்தபோதிலும் சனியின் குறைந்த நிறை காரணமாகவும், குறைவான உள்ளழுத்தம் காரணமாகவும், இதன் அடர்த்தி வியாழனைவிடக் குறைவாக இருக்கிறது.

யுரேனஸ், நெப்டியூன் இவற்றை எடுத்துக்கொண்டால், நீரக உள்ளடக்கம் இன்னும் குறைவாகவும், கனமான தனிமங்களின் விகிதம் இன்னும் அதிகமாகவும் உள்ளன. யுரேனஸ், நெப்டியூன் இவற்றின் இயைபிலுள்ள வேறுபாட்டைக் கவனியாதுவிட்டால், நீரக உள்ளடக்கம் கிரகத்தின் நிறை அதிகமாக அதிகமாகக் கூடுகிறது என்பதாகத் தோன்றும். ஆனால் இந்த வேறுபாட்டையும் கணக்கில் எடுத்துக் கொண்டால் கிரகத்தின் நிறையைவிட சூரியனிடமிருந்து உள்ள தூரம்தான் முக்கிய காரணம் என்பது விளங்கும்.

சூரியனிடமிருந்து கிரகத்தின் தூரம் அதிகரிக்க அதிகரிக்க, ஆரம்பத்தில் கிரகத்தின் பொருள் வினியோகமாகியிருந்த வாயு-தூசுப் படலத்துக்குரிய வளைய மண்டலத்தின் சுற்றளவும் அதிகரிக்கிறது; இம்மண்டலத்தின் அகலமும் அதிகரிக்கிறது (அண்டைக் கிரகங்களின் சுழற்பாதைகளுக்கு இடையே உள்ள தூரம், அவை சூரியனிடமிருந்து தொலைவுக்குச் செல்ல செல்ல அதிகமாகிறது என்பதை இங்கு நினைவுபடுத்திக்கொள்ள வேண்டும்). வியாழனின் மண்டலத்திலிருந்து நெப்டியூனது மண்டலத்துக்குச் செல்கையில், படலத்தின் பொருளினது அடர்த்தி குறைந்து,

இதனுல் படலத்தின் பரிணும வளர்ச்சி வேகமும், கிரகம் உருவாகும் வேகமும் குறையலாயின.

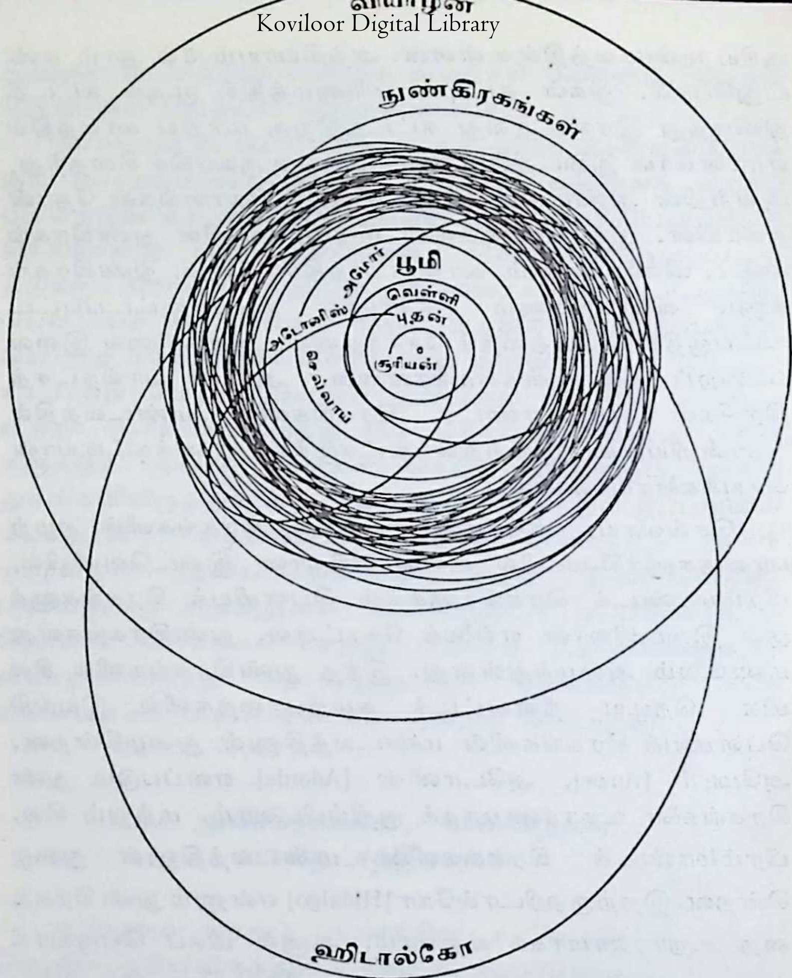
நீரகமானது, வெப்பநிலை சுமார் —268° சென்டிகிரேடுக்கும் குறையும்போதுதான், அதாவது ஆதிமூலக் கிரகப் படலத்தின் உட்பகுதிகள் சூரியக் கதிர்கள் பிரம்மாண்டக் கிரகங்களது மண்டலங்களுக்குச் செல்ல முடியாதபடித் தடுக்கும்போதுதான், திடத் துகள்களாக உறைய முடியும். பௌமியக் கிரகங்களது மண்டலத்தில் நுண்கிரகங்களை யொத்த கோளங்கள் ஏராளமாய் உருவானதும், தட்டின் உட்பகுதி மேலும் மேலும் ஒளிபுகும் தன்மை பெறலாயிற்று. சூரியனிடமிருந்து மிக தொலைவில் உள்ள பகுதிகளுக்குச் சூரியக் கதிர்கள் செல்ல முடிந்ததும், தூசுத் துகள்களிலிருந்தும் சிறு துண்டங்களிலிருந்தும் ஒப்பளவில் பெரிதான ''கருக்களின்'' மேற்பரப்பிலிருந்து நீரகம் முழுவதும் ஆவியாகிவிட்டது. இந்த நிலைமைகளில், (சூரியனுக்கு அருகிலுள்ள கிரகங்களுடன் ஒப்பிடுகையில்) தொலைக் கிரகங்கள் சற்று பிற்பாடு உருவாகியதால், வியாழனிலிருந்து நெப்டியூனுக்குச் செல்கையில், நீரக உள்ளடக்கம் படிப்படியாகக் குறைய நேர்ந்தது.

6. நுண்கிரகங்கள், விண்கற்கள், வால்நட்சத்திரங்கள்

ஆதிமூலக் கிரகப் படலத்தின் உட்பகுதியிலிருந்தும் வெளிப்பகுதியிலிருந்தும் உருவான, வெவ்வேறு இரசாயன இயைபுள்ள இருவகைப்பட்ட கிரகத் தொகுப்புகளை ஒத்த சிறு கோளங்களின் வேறு இரு தொகுப்புகள்

சூரிய மண்டலத்தில் உள்ளன. அத்தியாயம் 3ல் நாம் கண்டதுபோல், துகள் தட்டின் பரிணமத்தில் முதல் கட்டத்திலிருந்து இரண்டாவது கட்டத்திற்கு மாறிய காலத்தில் ஏராளமான இடைநிலைக் கோளங்கள் உருவாகிச் சிதைந்து, அவற்றின் துண்டங்களிலிருந்து புதிய கோளங்கள் தோன்றலாயின. இக்கோளங்களின் மீதமிச்சங்களே நுண்கிரகங்களும், விண்கற்களும், வால்நட்சத்திரங்களும். நுண்கிரகங்களும் விண்கற்களும் சூரியனுல் வெப்பமூட்டப்பட்ட உட்பகுதிப் படலத்தைச் சேர்ந்தவை. ஆகையினுல் இவை பாறைப் பொருள்களாலானவை. ஆனுல் வால்நட்சத்திரங்கள் பிரம்மாண்டக் கிரகங்களின் மண்டலத்தில் தோன்றியவை; இவற்றின் உட்கருக்கள் பனிக்கட்டியான வாயுக்களாலானவை.

செவ்வாய், வியாழன் இவ்விரு கிரகங்களின் சுழற்பாதைகளுக்கிடையில் உள்ள விரிவான இடைவெளியில், பிரம்மாண்டக் கிரகங்களுக்கும் பௌமியக் கிரகங்களுக்கும் இடையிலான எல்லைக் கோட்டில், நுண்கிரகங்களது மண்டலம் அமைந்துள்ளது. இந்த நுண்கிரகங்களில் சில மிக நெடிய நீள்வட்டச் சுழற்பாதைகளில் இயங்கி பௌமியக் கிரகங்களின் மண்டலத்தினுள் நுழைகின்றன. அமோர் [Amor], அடோனிஸ் [Adonis] எனப்படும் நுண்கிரகங்களை உதாரணமாகக் குறிப்பிடலாம். மற்றும் சில, பிரம்மாண்டக் கிரகங்களின் மண்டலத்தினுள் நுழைகின்றன. இதற்கு ஹிடால்கோ [Hidalgo] என்னும் நுண்கிரகத்தை உதாரணமாகக் கூறலாம். ஆனுல் மிகப் பெருவாரியான நுண்கிரகங்கள் மேலே கூறிய இடைவெளியின் வரம்புகளைக் கடந்து செல்வதில்லை (படம் 14).



படம் 14. நுண்கிரகங்களுடைய சுழற்பாதைகள்

நுண்கிரகங்களில் நூற்றுக் கணக்கான கிலோமீட்டர் விட்டம் உள்ளவையும் உண்டு; ஒரு கிலோமீட்டருக்குக் குறைவான விட்டம் உள்ளவையும் உண்டு. மிகச் சிறிய நுண்கிரகங்கள்—ஒரு கிலோமீட்டருக்குக் குறைவான விட்டம் உள்ளவை — விண்கற்கள் எனப்படும் கோளங்களை ஒத்தனவாகிவிடுகின்றன. நுண்கிரகங்களும் விண்கற்களும் சிறிதாகச் சிறிதாக, அவற்றின் எண்ணிக்கையும் அதிகமாகிறது. விண்கற்கள் சிறியதாக இருப்பதினுல், இவை கிரக மண்டல வெளியில் கண்ணுக்குப் புலப்படுவதில்லை. இவை பூமியுடன் மோதும் பொழுதுதான் நாம் இவற்றைப் பார்க்கிருேம். விஞடிக்குப் பத்து இருபது கிலோமீட்டர் வேகத்தில் இவை பூமியின் வளிமண்டலத்தினுள் பாய்ந்து, சூடேறிச் சிதைந்து, ''எரி நட்சத்திரங்'' களாகத் தோற்றமளிக்கின்றன. இந்த ''எரி நட்சத்திரத்தை'' வானியலாளர்கள் பொலீடு (எறி ஈட்டி) என அழைக்கிருர்கள். நுண்ணிய விண்கல் துகள்கள் இன்னும் குறைந்த ஒளியுடன் மூண்டெரிகின்றன. இவை ''வீழ் நட்சத்திரங்கள்'' என அழைக்கப்படுகின்றன. வீழ் நட்சத்திரங்களைத் தோற்றுவிக்கும் நுண் துகள்களில் பெரும்பகுதியானவை நுண்கிரகங்களிலிருந்தல்ல, வால்நட்சத்திரங்களிலிருந்து உண்டானவை (கீழே பக்கம் 143ஐப் பார்க்க).

பல பத்து சென்டிமீட்டர் அல்லது சில மீட்டர்கள் கூடக் குறுக்களவு கொண்ட பெரிய விண்கற் கோளங்கள், ஒப்புநோக்கில் குறைவான விஞடிக்கு 15-20 கிலோமீட்டர் வேகத்தில் பூமியின் வளிமண்டலத்திற்குள் பாயும்போது அவற்றின் எஞ்சிய பகுதிகள் விண்கற்களின் வடிவில் பூமியின் மேற்பரப்பின் மேல் விழுகின்றன. அவற்றின்

தனிவகைக் கட்டமைப்பையும் இரசாயன இயைபையும் நாம் அப்போது ஆராய முடிகிறது. மக்கள் கண்ணெதிரே விழும் விண்கற்களில் 90 சதவிகிதத்துக்கும் அதிக மானவை பாறைகள் ஆகும். அவை சிலிக்கன் பொருளால் ஆனவை. இரும்பு உலோகம் மிகச் சிறு அளவே இதில் சேர்ந்துள்ளது. சுமார் 6 சதவிகிதமான விண்கற்கள் இரும் பாலானவை. இரும்பும் நிக்கலும் சேர்ந்த கலவைகள் இவை. மிகச் சிறு அளவில் வேறு சில இரசாயனத் தனிமங் கள் இவற்றில் கலந்துள்ளன. முடிவாக, சுமார் 2 சத விகிதமான விண்கற்கள் இரும்பும் கல்லும் கொண்டவை. பாதி பாறைப் பொருளாலும் பாதி நிக்கல் கலந்த இரும் பாலும் ஆனவை இவை. பெரும்பாலான பாறை விண்கற் கள் பூமிப் பாறைகளின் கட்டமைப்பிலிருந்து வேறுன கட் டமைப்பு உள்ளவை. அரை மில்லிமீட்டர் முதல் இரண்டு மூன்று மில்லிமீட்டர் வரை குறுக்களவு கொண்ட ஏராள மான உருண்டை மணிகள் இவற்றில் காணப்படுகின்றன. இவை கோண்ட்ரூல்கள் [chondrules] எனப்படும். ஆகவே, இவை உள்ள விண்கற்கள் கோண்டிரைட் எனப் பெயர் பெற்றன.

ஒரு காலத்தில் வியாழனது சுழற்பாதைக்கும் செவ்வா யின் சுழற்பாதைக்கும் இடையில் சென்று கொண்டிருந்த ஒரு பெரிய கிரகம் வெடித்ததன் விளைவாகவே நுண் கிரகங்களும் விண்கற்களும் தோன்றின என்று கூறப்படு வதுண்டு. ஆனல் இவ்வித வெடிப்புக்கு எவ்விதமான பௌதிக விளக்கமும் தரப்படவில்லை. மேலும், இந்தக் கருதுகோள் விண்கற்களுடைய கட்டமைப்பில் காணக் கூடிய விஷேச இயல்புகளுக்கு விளக்கம் கூறுவதில்லை.

ஷ்மித்தின் தத்துவத்தின்படி விண்கற்கள், நுண்கிரகங்கள் ஆகியவற்றின் பொருள் எக்காலத்திலும் ஒரே விண் கோளமாக இருந்ததில்லை. தூசுத் தட்டிலிருந்து பெரிய நுண்கிரகத்தின் அளவு கொண்ட பல கோளங்கள் தோன்றின. இத்தகைய கோளங்களிலிருந்தே இன்றையக் கிரகங்களும் தோன்றின. பௌமியக் கிரகங்களின் மண்டலத்தினுள் (அவற்றின் சுழற்பாதைகளுக்கு இடையே) நுண்கிரகங்களையொத்த கோளங்கள் எஞ்சியிருக்கவில்லை. இம்மண்டலத்தின் வெளி வரம்பில், வியாழன், செவ்வாய்க் கிரகங்களது சுழற்பாதைகளுக்கு இடையே, ஆயிரக்கணக்கான நுண்கிரகங்கள் இன்னும் அழியாதிருந்து வருகின்றன. இவற்றில் 60-70 நுண்கிரகங்கள் மட்டும்தான் 100 கிலோமீட்டருக்கு மேற்பட்ட விட்டமுள்ளவை. நுண் கிரகங்கள் ஒன்றோடொன்று மோதுவதாலும், விண்கற்களுடன் மோதுவதாலும், படிப்படியாகச் சிதைகின்றன. அதாவது அவற்றின் பரிமாணம் படிப்படியாகக் குறைகிறது; பெரிய நுண்கிரகங்களின் மொத்த எண்ணிக்கையும் குறைகிறது. பூமியின் வளிமண்டலத்தினுள் நுழைந்து ஓடிவரும்போது முழுவதுமாக அழிந்து போகாத நுண் கிரகத் துண்டங்களே விண்கற்கள். இவ்விண்கோளங்கள் நமக்குக் கிடைத்ததும் அவற்றை ஆய்வுக்கூடத்தில் ஆராய்வதன்மூலம் அவற்றின் பொருளைப் பற்றிய அரிய விவரங்கள் கிடைக்கின்றன.

வெவ்வேறு வகை விண்கற்கள் ''தாய்'' நுண்கிரகக் கோளங்களுடைய வெவ்வேறு படிவுகளைச் சேர்ந்தவை. இரும்பு, இரும்பு-பாறை விண்கற்கள் இந்தக் கோளங்களின் மையப் பகுதிகளில், ஒரு காலத்தில் வெப்பநிலை

சுமார் 1,000° இருந்த இடங்களில் தோன்றியவை.*விண் கல்லின் மழமழப்பான மேற்பரப்பில் அமிலத்தை விட்டால் அதன் கட்டமைப்பு கண்ணுக்குப் புலப்படுகிறது. 700° சென்டிகிரேடிலிருந்து 400° சென்டிகிரேடுவரை குளிர்வதற்குப் பத்துக்கோடிக் கணக்கான ஆண்டுகள் பிடித்தன என்பதை இந்தக் கட்டமைப்பு காட்டுகிறது. சூடு ஆறுவதற்கான இந்த வேகம் நுண்கிரக அளவு கொண்ட கோளங்களின் மையப் பகுதிக்குப் பொருந்து கிறது.

பாறை விண்கற்கள்—கோண்டிரைட்டுகள்—''தாய்'' கோளங்களினது இடை அடுக்குகளின் துண்டங்கள் என்பதாகத் தோன்றுகிறது. இந்த அடுக்குகளில் அதிகப் படி வெப்பநிலை 600°—800° சென்டிகிரேடாக இருந்தது. முடிவாக மிக மிக அரிதாகக் கிடைக்கும் வகை விண்கற்கள்—கரிமக் கோண்டிரைட்டுகள்—ஒருபோதும் சூடேருத வெளி அடுக்குகளின் துண்டங்கள். இவ்வகை விண்கற்களில் கரிமம் மட்டும் அல்ல, கலவையான நீரகக்கரிமச் சேர்மங் களும் அடங்கியுள்ளன. 200°—300° வரை சூடேறியதுமே

---

* நுண்கிரகக் கோளங்கள் தொடக்கத்தில் குளிர்ந்து இருந்தன. பூமியின் உட்பாகங்கள் சூடானதுபோலவே இவற்றின் உட்பாகங்கள் சூடானதும் கதிரியக்கத் தனிமங் களின் சிதைவால் வெளிப்பட்ட வெப்பம் சேமிக்கப்பட்ட காரணத்தால்தான். ஆனால் நுண்கிரகக் கோளங்கள் பூமியைவிட மிகமிகச் சிறியவை. அவற்றின் உட்பாகங்களி லிருந்து வெப்பம் எளிதில் வெளியே கசிந்துவிட்டது. இத னால், அவற்றின் உட்பகுதிகள் சூடேறியது வெகு காலத் துக்கு முன்பே நின்று, இவை குளிரடைவது தொடங்கி விட்டன. இவற்றின் அதிகப்பட்ச வெப்பநிலை ஏறத்தாழ 1,000° சென்டிகிரேடாக இருந்தது.

இவை விரைவில் சிதைந்துவிடுகின்றன. தவிர இவற்றில் கனிமங்களும் [minerals] அடங்கியுள்ளன. இந்தக் கனிமங் களின் இயைபில் நீரும் சேர்ந்திருக்கிறது. கரிமக் கோண்டி ரைட்டுகள், இயைபில் ஆதிமூலக் கிரகப் படலத்தின் உட் புற மண்டலத்தில் இருந்த ''தொடக்கநிலைத்'' திடப் பொருளுக்கு மிக நெருங்கியவை என்று தற்காலத்தில் பெரும்பாலான விஞ்ஞானிகள் கருதுகிறார்கள். இந்தத் ''தொடக்கநிலைத்'' திடப் பொருள்தான் பௌமியக் கிரகங்களை உருவாக்கிய மூலப் பொருளாகியது. எனவே கரிமக் கோண்டிரைட்டுகளை ஆராய்வதில் இப்போது மிகுந்த கவனம் செலுத்தப்படுகிறது.*

நமது சேகரிப்புகளில் உள்ள விண்கற்களை ஆராய்கை யில் பூமியைச் சேர்ந்த பாறைகளை ஆராய்வதற்குப் பயன் படுத்தப்படும் (அத்தியாயம் 8ஐப் பார்க்க) கதிரியக்க முறைகள் அவற்றின் வயதை நிர்ணயிப்பதற்குக் கையாளப் படலாம். விண்கற்களின் பொருள் திடநிலை அடைந்து

---

*கரிமக் கோண்டிரைட்டுகளில் ஓரணுவுயிரிகள் அல்லது தாவரங்களின் எச்சங்கள் கண்டுபிடிக்கப்பட்டன என்ற அண்மையில் வெளியான பரபரப்பூட்டும் செய்தி களின் காரணமாகக் கரிமக் கோண்டிரைட்டுகள்பால் மேற்கொண்டு அக்கறை செலுத்தப்படலாயிற்று. இந்தச் செய்திகள் சரிபார்க்கப்பட்டபோது, பெரும்பாலான சந்தர்ப் பங்களில், சந்தேகத்துக்கிடமான வஸ்துக்கள் உண்மையில் விண்கற்களின் இயைபில் அடங்கிய வழக்கமான பகுதி களே என்றும் உயிரிலா இயற்கை கொண்டவை என்றும் உறுதியாகக் காட்டப்பட்டது. சில சந்தர்ப்பங்களில் பூமியிலுள்ள தாவர விதைத் தூள்கள் அல்லது நீர்ப் பூண்டுகளால் விண்கற்கள் ''அழுக்காக்கப்பட்டிருப்பது'' தென்பட்டது.

450 கோடி ஆண்டுகள் ஆகிவிட்டன என்று தெரிய வந்தது. விண்கற் பொருள் திடநிலை அடைந்தது ஆதிமூலக் கிரகப் படலத்தின் பரிணும வளர்ச்சியின் ஆரம்பக் கட்டத்திலே யே நிகழ்ந்தது. ஆகையால் இந்த வயது சூரிய மண்டலம் அனைத்தின் வயதையும் தீர்மானிக்கிறது.

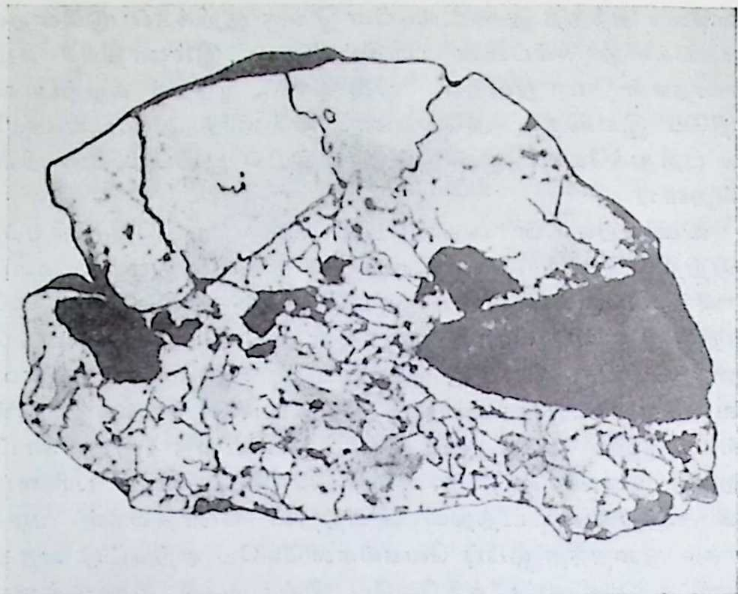
கிரகங்களுக்கு இடையே உள்ள அண்டவெளியில் தனித்தனியான சிறு கோளங்களின் வடிவில் இயங்குகையில் விண்கற்கள் பேரண்டக் கதிர்களின் பாதிப்புக்கு உள்ளா கின்றன. இதன் விளைவாக, ஒப்புநோக்கில் குறுகிய காலத் தில் சிதைந்துவிடும் நிலையற்ற அணுக்கருக்கள் தோன்று கின்றன. இந்த நோக்கு நிலையிலிருந்து விண்கற்கள் அண்மை ஆண்டுகளில் ஆராயப்பட்டபோது, கடைசிச் சில கோடி அல்லது சில பத்துக்கோடி ஆண்டுக் காலமாக மட்டுமே அவை பேரண்டக் கதிர்களின் பாதிப்புக்கு உள் ளாயின என்பது புலனுயிற்று. அதற்கு முன்பு விண்கற்களின் பொருள் பெருத்த நுண்கிரகக் கோளங்களின் உட்பாக மாக இருந்தமையால் பேரண்டக் கதிர்களிலிருந்து காக்கப் பட்டிருந்தது. இந்தக் கதிர்கள் திடக் கோளத்தைச் சில பத்து சென்டிமீட்டர்கள் வரைதான் துளைத்துச் செல்ல வல்லவை.

இவ்வாறு, தற்காலத்தில் பூமியில் விழும் அனேகமாக எல்லா விண்கற்களுமே நுண்கிரகங்களின் மோதல்களால் தோன்றியவையே. இந்த மோதல்கள் ஒப்புநோக்கில் அண்மையில் நிகழ்ந்தன. உதாரணமாக, நூறு கோடி ஆண்டுகளுக்கு முன் நிகழ்ந்த மோதல்கள் காரணமாக உண்டான நுண்கிரகத் துண்டங்களில் பெரும்பாலான வை இதற்குள் பூமியில் விழுந்துவிட்டன. (பூமியின் சுழற் பாதைக்கு உள்ளே எவற்றின் சுழற்பாதைகள் அமைந்

தனவோ அந்தத் துண்டங்களே இங்கு குறிக்கப்படுகின்றன. கிரகங்களது ஈர்ப்பின் பாதிப்பினுல் இம்மாதிரிச் சுழற் பாதைகள் மாறுவதன் விளைவாக, இந்தச் சுழற்பாதை வழியே இயங்கும் அனேகமாக எல்லாத் துண்டங்களுமே பல பத்துக்கோடி ஆண்டுக் காலத்தில் பூமியில் மோதிவிடு கின்றன.)

விண்கற்களின் அமைப்பில் உள்ள முக்கியச் சிறப்பு, அவற்றில் பெரும்பாலானவற்றின் துண்டுத்துகள் அமைப்பு தான். பெரும்பான்மை வழக்குகளில் துண்டங்கள் ஒரே மாதிரி இயைபு கொண்டிருக்கின்றன. பொருள் வெறுமே நொறுங்கியிருக்கிறது, வெவ்வேறு அடுக்குகள் அல்லது வெவ்வேறு கோளங்களிலிருந்தேகூடப் பெயர்ந்த துணுக்கு கள் சிதறிக் கலந்துவிடவில்லை என்பதை இது காட்டு கிறது. நுண்கிரகக் கோளங்களின் திரளுடைய பரிணமத் தின் எந்தக் கட்டத்தில் அவற்றின் மோதல்கள் வழக்க மாகக் குறைந்த ஒப்பு வேகங்களிலேயே ஏற்பட்டு வந்தன வோ அந்தக் கட்டத்திலேயே இவ்வகைத் துண்டுத்துகள் அமைப்புகள் தோன்றியிருக்க வேண்டும். எனினும் இந்த மோதல்களை அடுத்து விறல் மிக்க அதிரலைகள் ஏற் பட்டன. அவை பொருளின் தனித் தனித் துண்டங்களை வன்மையாக இறுக்கின. இதன் விளைவாக, இந்தத் துண்டங்கள் வெளிர்மையை இழந்து கருமை அடைந்தன (படம் 15ஐப் பார்க்க). தனித்தனித் துண்டங்கள் முற்றிலும் வேறு வகை விண்கற்களின் சேர்க்கையாக இருப்பதைக் காட்டும் துண்டுத்துகள் விண்கற்கள் மிக மிக அரிதாகவே காணப்படுகின்றன.

67-68ஆம் பக்கங்களில் ஏற்கனவே காட்டப்பட்டிருப் பது போல நுண்கிரகக் கோளங்களின் பரஸ்பர ஈர்ப்பின்



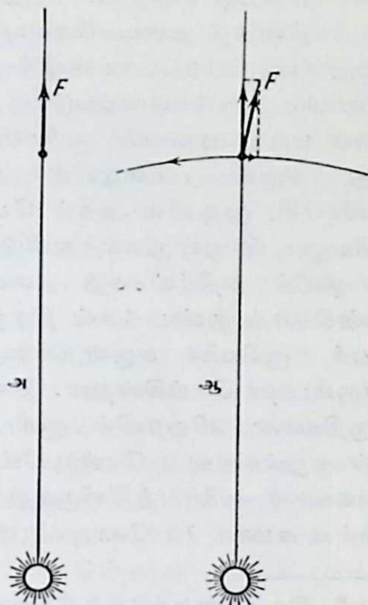
படம் 15. துண்டுத்துகள் அமைப்புடைய விண்கல்

விளைவாக இந்தக் கோளங்களின் திரளில் தாறுமாறான இயக்கங்கள் தீவிரமாயின. அவற்றின் ஒப்பு வேகங்களும் அதிகரித்தன. தற்போது நுண்கிரகக் கோளங்களின் ஒப்பு வேகங்கள் மிக மிக அதிகம் ஆதலால் அவை மோதிக் கொள்வதைத் தொடர்ந்து தகர்ந்து நொறுங்குவதும் துண்டங்கள் முற்றிலும் சிதறிப் போய்விடுவதும் அனேகமாக எப்போதும் நிகழ்கின்றன.

கிரக மண்டல வெளியில், சிறிய நுண்கிரகத் துண்டங்கள் திரளுவதில்லை. அவை தொடர்ந்து சூரியனில் விழுந்து

விடுகின்றன. சூரிய ஒளிக் கதிர்வீச்சு அழுத்தத்தின் விளைவாகவே இது நடைபெறுகிறது.

ஒளிக் கதிர்வீச்சு அழுத்தம் அசையாத துகளின்மீது முற்றிலும் ஆரப்போக்கிலேயே [radially] செயல்படுகிறது. இது சிறு அளவிற்குத்தான் சூரியனின் ஈர்ப்பு சக்தியைப் பலவீனப்படுத்துகிறது. 0.0005 மில்லிமீட்டர் பருமனுள்ள மிகச் சிறிய துகள் சம்பந்தமாய் ஈர்ப்பு சக்தியைவிட ஒளிக் கதிர்வீச்சு விலக்கமே [radiation repulsion] அதிகமாகிவிடலாம்.



படம் 16. சூரியனின் ஒளிக் கதிர்வீச்சு அழுத்தம்: (அ) சலனமற்ற துகளின்மீது (ஆ) ஓடும் துகளின்மீது. இரண்டாவது நிலையில், விசையின் (F) ஓர் உறுப்பு துகளின் ஓட்டத்துக்கு எதிராக இயங்குகிறது

துகள்கள் சூரியனைச் சுற்றி வரும்போது விவகாரம் சிக்கலானதாகிவிடுகிறது. சூரியனின் கதிர்கள், ஒளி விலகல் [light aberration] காரணமாய், இத்துகள்களுக்குச் சிறிதளவு முன்பக்கத்திலிருந்து விழுகின்றன. ஆகையினால், ஒளிக் கதிர்வீச்சு விலக்க சக்தியுடன்கூட, அத்துகளின்

இயக்கத்திற்கு எதிரான சக்தியொன்று—அதாவது அதன் இயக்கத்தைத் தடை செய்யும் சக்தியொன்று—தோன்று கிறது (படம் 16). பாய்ன்டிங்-ராபர்ட்சன் விளைவு [Pointing-Robertson effect] எனப்படும் இத்தடை காரணமாய் இத் துகள் படிப்படியாய்ச் சூரியன் அருகே இழுக்கப்படுகிறது. இது சுருள் பாதையில் செல்கிறது. வெப்பத்தினுல் ஆவியாகி, முடிவில் அதன் பொருள் ஆவிப் படல வடிவில் சூரியனுடன் ஒன்றுகலந்துவிடுகிறது.*

ஒளிக் கதிர்வீச்சுத் தடை [radiative retardation] சிறு நுண்கிரகத் துண்டங்கள் திரளுவதைத் தடுக்கிறது. அவற்றைச் சூரியனை சுருள் பாதையில் அடைந்து அத்துடன் சேரும்படிச் செய்கின்றன. துகள் சிறிதாக இருந்தால் அது மிகுதியான விரைவில் சூரியனை அடைகிறது. கோளத்தின் குறுக்களவு 1 சென்டிமீட்டர் இருந்தால், நுண்கிரகங்களாலான வளையத்திலிருந்து அவை சூரியனுக்கு அருகில் செல்ல சுமார் 10 கோடி ஆண்டுகள் பிடிக்கின்றன. அவற்

---

* கிரகத்தைச் சுற்றி வரும் துகள்கள் மீதும் இது போன்றதொரு விளைவைச் சூரியனின் கதிர்கள் ஏற்படுத்து கின்றன என்று ரத்ஸியேவ்ஸ்கிய் [V.V. Radzievsky] 1950ல் கூறினுர். சூரியக் கதிர்கள் இத்துகள்களைக் கிரகங்களிடம் சென்று அவற்றின் மீது விழச் செய்கின்றன. கிரகம் சூரியனுக்கு அருகில் இருந்தால் இச்செயல் விரைவாக நிகழ் கிறது. சூரியனுக்கு அருகில் உள்ள கிரகங்களான புதனுக்கும் வெள்ளிக்கும் துணைக்கோள்கள் இல்லாது இருப்பதற்கு முக்கியமான காரணங்களில் இதுவும் ஒன்ருக இருக்கலாம். இக்கிரகங்கள் உருவானபொழுது அவற்றைச் சுற்றிலுமிருந்த துகள்கள் ஒன்றுதிரண்டு நிலையான துணைக்கோளாவதற்கு முன்பாக, சூரியக் கதிர்களின் இந்த விளைவு காரணமாக அக்கிரகங்களின் மீதே விழுந்தன போலும்.

றின் குறுக்களவு 1 மில்லிமீட்டர் இருந்தால் சுமாராக 1 கோடி ஆண்டுகள் பிடிக்கின்றன. வானியல் ரீதியில் இது மிகக் குறுகிய காலமே. அடர்த்தி குறைவான துகள் திரள் சூரியனை நெருங்கும்பொழுது அது சூரிய ஒளியை எதிர டித்துச் சிதறச்செய்கிறது. இது செக்கர்வானம் எனப் படும் மங்கலான ஒளிப் பிழம்பு தெரிவதற்கான பிரதான காரணங்களில் ஒன்றாகும்.

சூரியனிடமிருந்து நெடுந் தொலைவில், வியாழனுடைய சுழற்பாதைக்கும் அப்பால் உள்ள நுண்கிரகங்களைப் போன்ற சிறு கோளங்களைத் தற்காலத் தொலைநோக்கி களைக் கொண்டும் பார்த்துத் தெரிந்து கொள்ள முடிய வில்லை. பிரம்மாண்டக் கிரகங்களின் மண்டலத்தில் தோன்றி இன்னும் இருந்து வருகிற சிறு கோளங்களில், மிக நெடியச் சுழற்பாதைகளில் இயங்குபவற்றை மட்டும் தான்—இவற்றிலும் சூரியனிடமிருந்து இரண்டு அல்லது மூன்று வானியல் அலகுக்கு மேற்படாத அண்மை நிலை [perihelion] கொண்டவற்றை மட்டும்தான்—நாம் பார்க்க முடிகிறது. இவைதான் வால்நட்சத்திரங்கள் என்பவை.

சமீப காலம் வரை, வால்நட்சத்திரத்தின் உட்கரு தனித்தனி துகள்களாலான அடர்த்தியான திரளாகுமென பெரும்பாலான வானியலாளர்கள் கருதிவந்தனர். இதன் உட்கரு அடர்த்தி குறைவான பெருந் திரளாக இருக்க முடியாது என்பது தெரிந்திருந்தது. ஏனெனில், இவை சூரியனை நெருங்கும்பொழுது அதன் பேரலைவு சக்தியால் சிதைந்து விழுவதில்லை. ஆனால் இதன் உட்கரு அடர்த்திய டைந்த திரளாகும் என்று கருதும்பொழுது, அதனுள் உள்ள துகள்களிடையே கட்டாயமாய் மோதுதல்கள் நிகழும் என்பதையும், இம்மோதல்களின்போது இயக்கு ஆற்றல்



படம் 17. வால்நட்சத்திரத்தின் புகைப்படம்

வெப்ப ஆற்றலாக மாறும் என்பதையும் இந்த ஆராய்ச்சியாளர்கள் கருத்தில் கொள்ளத் தவறிவிட்டனர். இவ்வாறு இயக்கு ஆற்றல் வெப்ப ஆற்றலாக மாறுவதன் விளைவாய், துப்யாகோ [A.D. Dubyago] சுட்டிக்காட்டியது போல, இத்திரள் விரைவாகச் சுருங்கித் திடக் கோளமாக மாறுகிறது. சிறிதளவு பாறைப் பொருள்கள் கலந்த உறைந்த வாயுக்களாலான இந்தத் திடக் கோளங்கள்தான் வால் நட்சத்திரங்களுடைய உட்கருவாக அமைந்துள்ளன. இவ்வுட்கருக்களின் விட்டம் பல நூறு மீட்டர்களிலிருந்து பல கிலோமீட்டர்கள் வரை உள்ளன. இவை வெண்பனியும், பனிக்கட்டியுமாலான (நீர் மட்டுமல்ல, பல்வேறு பொருள்களின் வெண்பனியும் பனிக்கட்டியுமாலான) பெருந் திரளாகும். இவற்றில் சொற்ப அளவு பாறைக் கலப்புகளும் சேர்ந்துள்ளன.

இப்பொழுது சூரியனைச் சுற்றிலும் பெரியதொரு வால்நட்சத்திரத் திரள் உள்ளது; இத்திரளின் விட்டம் கிரக மண்டலத்தின் விட்டத்தைவிட ஆயிரக் கணக்கான மடங்கு பெரியது என்று ஒவோர்ட் [Oort] என்னும் டச்சு வானியலாளர் நிலைநாட்டினார். இந்த வால்நட்சத்திரங்களில் பெரும்பாலானவற்றை, தற்கால ஆராய்ச்சி முறைகளைக் கொண்டு ஆராய முடியாது. ஏனெனில் இவை கிரக மண்டலத்தின் உட்பகுதிகளுக்குள் வருவதேயில்லை. இவற்றின் அண்மை நிலைகள்கூட சூரியனிடமிருந்து வெகு தொலைவில் இருக்கும் வண்ணம் இவற்றின் சுழற்பாதைகள் அமைந்துள்ளன. எனவே இவை சூரியக் கதிர்களால் வெப்பமூட்டப்படுவதில்லை. ஆகவே இவற்றிலுள்ள உறைந்த வாயுக்கள் நூறு கோடிக் கணக்கான ஆண்டுகளாய்ச் சேதமின்றி அப்படியே இருந்து வருகின்றன.

கிரகம் உருவாகும் பொழுதே வால்நட்சத்திரத் திரளும் உருவானதால், நாம் நூறு கோடிக் கணக்கான ஆண்டுகள் என்று கூறுகிறோம். கிரகம் உருவானது, சுமார் 500 கோடி ஆண்டுகளுக்கு முன்பு நிகழ்ந்தது. (''பூமியின் வயது'' என்ற அத்தியாயத்தைப் பார்க்கவும்).

ஒவோர்ட் கண்டுபிடித்த வால்நட்சத்திரத் திரள் எப்படி தோன்றியது என்பதை விளக்க ஷ்மித்தின் விண் கோளியல் தத்துவம் உதவுகிறது. பிரம்மாண்டக் கிரகங்கள் உருவான நிகழ்ச்சிப்போக்கின் துணை விளைவாகவே இத்திரள் தோன்றியது. தூசுப் படலத்தில் சூரியனிடமிருந்து வெகு தொலைவிலிருந்த பகுதியில் வெப்பநிலை மிகவும் குறைவாக இருந்ததால், இப்பகுதியில் உருவான இடைநிலைக் கோளங்களில் உறைந்த வாயுக்களே மிகுதியாக இருந்தன. இதே இயைபைத்தான் இன்று நாம் வால் நட்சத்திர உட்கருக்களில் காண்கிறோம். பிரம்மாண்டக் கிரகங்கள் உருவான நிகழ்ச்சிப்போக்கின் இறுதி நிலையிலேயே அவற்றின் நிறை மிகவும் அதிகமாகிவிட்டது. அவற்றைச் சுற்றி அப்பொழுது இன்னமும் ஏராளமான இடைநிலைக் கோளங்களும் இவற்றின் துண்டங்களும் திரளாய் இருந்தன. அத்தியாயம் 3ல் கூறியது போலவே, இன்னும் முற்றிலும் ''பூர்த்தியாகாத'' நிலையிலிருந்த வியாழன், சனி, யுரேனஸ், நெப்டியூன் ஆகிய கிரகங்களின் ஈர்ப்பு சக்தியானது இக்கோளங்களையும் துண்டங்களையும் கிரக மண்டலத்திற்கு வெளியே தள்ளியது. இவற்றில் சில, அருகில் இருந்த விண்மீன்களின் ஈர்ப்பு சக்தி காரணமாய்த் தமது சுழற்பாதைகளை மாற்றிக் கொண்டு சூரியனை நெருங்கி வரலாயின. இவற்றிலிருந்துதான் பிரம்மாண்டமான வால்நட்சத்திரப் படலம்—இன்னும் துல்லியமாகச் சொன்

ஞல் வால்நட்சத்திர உட்கருக்களின் படலம்—தோன்றியது. இப்படலத்திலிருந்துதான் இப்பொழுது காணக்கூடிய வால்நட்சத்திரங்கள் சூரியனின் அருகே வந்துசேர்கின்றன.

வால்நட்சத்திரத்தின் உட்கருக்கள், இரசாயன இயைபில் பிரம்மாண்டக் கிரகங்களை ஒத்திருக்கின்றன. இவ்வுட்கருவில் உறைந்த நிலையில் உள்ள நீர், மீதேன், அம்மோனியா, கரியமிலவாயு ஆகியவற்றின் மூலக்கூறுகளும் இவற்றை ஒத்த மூலக்கூறுகளும் இருக்கின்றன. பிரம்மாண்டக் கிரகங்களும் வால்நட்சத்திர உட்கருக்களும் ஆதிநிலைப் படலத்தில், சூரியனிடமிருந்து வெகு தொலைவில், ஒரே பகுதியிலிருந்து தோன்றியவை.

அண்டையிலுள்ள நட்சத்திரங்களின் ஈர்ப்பின் காரணமாய், இப்படலத்தைச் சேர்ந்த வால்நட்சத்திரங்கள் இடைவிடாமல் தமது சுழற்பாதைகளை மாற்றிக்கொள்கின்றன. சில சமயங்களில், நட்சத்திரங்கள் வால்நட்சத்திரத்தைச் சூரியனிடமிருந்து பிரிந்து செல்லச் செய்கின்றன. இதஞல் படலத்திலுள்ள வால்நட்சத்திரங்களின் மொத்த எண்ணிக்கை படிப்படியாகக் குறைந்து கொண்டிருக்கிறது. மாற்றமடைந்த சுழற்பாதையில் வால்நட்சத்திரம் சூரியனுக்கு அருகில் வந்தால், இதன் உட்கரு வாயுக்களை வெளிவிடுகிறது; இந்த வால்நட்சத்திரம் மிகவும் நெடிய, ஏறத்தாழ பரவளைவான சுழற்பாதையில் [parabolic path] செல்வதைக் காண்கிறோம்.

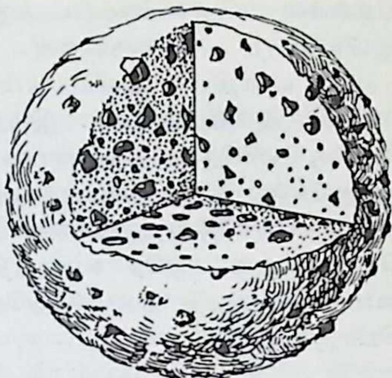
கிரகங்களுக்கு அருகில் வரும்பொழுது, வால்நட்சத்திரங்கள் அவற்ருல் கவரப்படுகின்றன. இதஞல் இவற்றின் பாதைகள் திரும்பவும் ஓரளவிற்கு மாறுகின்றன. சுழற்பாதை சிறிதாகிவிட்டால், வால்நட்சத்திரம் சூரியனிடம் அடிக்கடி திரும்பி வருகிறது. கிரக ஈர்ப்பின் காரணமாய்

இதன் சுழற்பாதை மீண்டும் மீண்டும் மாறுகிறது. சூரியனின் வெப்பத்தால் இது தனது வாயுக்களை மேலும் மேலும் அதிகமாக இழக்கிறது. பெரும் பரிமாணம் பெற்ற வியாழனுக்கு அருகில் வால்நட்சத்திரம் செல்லும் பொழுது அதன் சுழற்பாதையில் மிகவும் பெரிய மாற்றங் கள் ஏற்படுகின்றன. வியாழன் குடும்பத்தைச் சேர்ந்த வால் நட்சத்திரங்கள் என்று அழைக்கப்படும் குறுகிய சுழற் காலமுள்ள வால்நட்சத்திரங்கள், வியாழனுக்கு அருகில் சென்றதால்தான் அவற்றின் தற்பொழுதைய சுழற்பாதை களைப் பெற்றன.

குறுகிய சுழற்காலமுள்ள வால்நட்சத்திரங்கள் ஒப் பளவில் விரைவில் சிதைகின்றன. ஏனெனில், அவற்றின் உட்கருவிலிருந்து வாயுக்கள் அதிகமாக ஆவியாகி வெளி யேறிவிடுகின்றன. ஆனால் என்கேயின் [Encke] வால்நட்சத் திரம் போன்ற குறுகிய சுழற்கால வால்நட்சத்திரங்கள் டஜன் கணக்கான தடவைகள் சூரியனை நெருங்கிய பிறகும் சிதையாமல் பிழைத்து இருந்து வருகின்றன.

வால்நட்சத்திரங்களின் பனிக்கட்டி உட்கருக்களில் பாறைப் பொருள்களும் உள்ளன; இவை தனித்தனிச் சேர்மங்களாக வால்நட்சத்திரங்களின் உட்கருக்களில் இருப்பதாகவும் (படம் 18) பனிக்கட்டிகள் ஆவியாகும் போது இவை வாயுக்களால் இழுத்துக்கொள்ளப்படுவ தாகவும் வழக்கமாய் எண்ணப்படுகிறது. ஆனால் இந்நூலின் ஆசிரியர் 1961ல் வெளியிட்ட ஒரு கருதுகோளின்படி பாறைப்பொருள்கள் தனித்தனி அணுக்கள், மூலக்கூறுகள் வடிவில் வால்நட்சத்திரப் பனிக்கட்டிகளில் கலந்துள்ளன. பனிக்கட்டிகள் ஆவியாகும் போதுதான் அவை சிறு துகள்களாக ஒன்றுசேர்கின்றன. இந்தத் துகள்கள் உட்

கருவின் மேற்பரப்பில் பொருபொருத்த, நொய்மையுள்ள அடுக்காக உருவாகின்றன.



படம் 18. வால்நட்சத்திரத்தின் ''பனிக்கட்டி'' உட்கரு அமைப்பு

வால்நட்சத்திரத்தின் உட்கருவிலிருந்து வெளி வந்த துகள்கள், ஒரு திரளாய் அதன் சுழற் பாதைக்கு ஏறத்தாழ இணையான பாதையில் செல்கின்றன. இப்பொருள்களின் திரளைப் பூமி சந்திக்கும்போது விண் கல் சில நேரங்களில் மிகவும் அடர்த்தியாய் மழை போலப் பொழிவதைக் காண்கிறோம்.

வால்நட்சத்திரங்களிலிருந்து உருவான விண்கல் துகள்கள் வளிமண்டலத்தில் பறக்கையில் அடிக்கடி துண்டு துண்டாக நொறுங்கிவிடுகின்றன. அவை மிக நொய்மை யுள்ளவை என்பதை இது காட்டுகிறது. அவை வால்நட்சத் திரப் பனிக்கட்டிகளில் தயாரான நிலையில் இருக்கின்றன என்ற கருதுகோளைவிட, இந்நூலாசிரியரின் கருதுகோள் இந்த விஷயத்துக்கு எளிதில் விளக்கம் தருகிறது.

பாறைப் பொருள்கள் வால்நட்சத்திர உட்கருக்களில் எந்த வடிவத்தில் இருக்கின்றன என்பது ஆதிமூலக் கிரகப் படலத்தின் குளிர் மண்டலத்தில் சுருங்கி இறுகும் நிகழ்ச் சிப்போக்கின் பகுத்தாய்வுக்குப் பெருத்த முக்கியத்துவம் உள்ளது. வால்நட்சத்திரப் பனிக்கட்டிகளில் பாறைத்

துகள்கள் தெளிக்கப்பட்டிருந்தால், முதலில் எளிதில் ஆவியாகாப் பொருள்கள் கட்டியாயின என்றும் அப்புறமே எளிதில் ஆவியாகும் பொருள்கள் கட்டியாயின என்றும் அர்த்தமாகும். இந்நூலாசிரியர் அனுமானிப்பது போல, எளிதில் ஆவியாகாப் பொருள்கள் தனித்தனி அணுக்களாகவும் மூலக்கூறுகளாகவும் இருக்கின்றன என்ருல், எளிதில் ஆவியாகாப் பொருள்களும் ஆவியாகும் பொருள்களும் ஒரே சமயத்தில் கட்டியாகக் கூடிய நிலைமைகளில் இந்த நிகழ்ச்சிப்போக்கு நடந்தேறியது எனப் பொருள்படும்.

7. பூமியின் உள்ளமைப்பு

பூமியின் உள்ளமைப்பு பற்றிய ஆரம்பக் கருத்துக்கள் இருபது நூற்ருண்டுகட்கு முன்பு தோன்றியவை. இப்பிரச்சினையைப் பிழையற்ற முறையில் அணுகும் அளவிற்கு அக்காலத்தில் விஞ்ஞான அறிவு முதிர்ச்சி பெற்றிருக்கவில்லை. பண்டைக் காலத்திய விஞ்ஞான மையங்களில் ஒன்ருய் இருந்தது கிரேக்கம். இந்நாட்டு மலைகளிலே, நீரோட்டத்தால் உருவான குகைகள் பல உள்ளன. தரைக்கடியிலும், மேல்தளத்திலுமாக ஓடும் ஆறுகள் அங்கு உண்டு. தங்களைச் சூழ்ந்திருந்த இயற்கையைக் கவனித்த கிரேக்க விஞ்ஞானிகள், பூமியின் வயிற்றில் குடைவுகள் உள்ளனவென்றும் இவற்றின் வழியே நீரும் காற்றும் நெருப்பும் ஓடிக் கொண்டிருக்கின்றனவென்றும் நம்பலாயினர். ஒரு சிறு நாட்டின் இயற்கையமைப்பின் தனி இயல்புகளைப் புவிக்கோளம் அனைத்துக்கும் உரியனவாக்கிய

இந்தப் புராதனக் காலக் கருத்து ஒருசிலச் சிறு மாறுதல் களுடன் இரண்டாயிரம் ஆண்டுகளுக்கு மேலாய்த் தொடர்ந்து நிலவி வந்தது.

200 ஆண்டுகளுக்கு முன்புதான், பிரெஞ்சு விஞ்ஞானி புகேர் [Bouguer] மலையின் ஈர்ப்பு சக்தியை முதன் முதலாய் அளந்தார். இதிலிருந்து, பூமியின் உட்பகுதி மலைகளின் பொருளைவிட அடர்த்தி மிக்கதாக இருக்க வேண்டும் என்ற முடிவுக்கு வந்தார். பூமி சராசரியாக நீரைவிட ஐந்து மடங்கு கனமான பொருளாலானது என்பது பிற் பாடு தெரிய வந்தது. இவ்வாருக, நமது புவிக்கோள் உட் குடைவான கோளமோ, நீர் நிரம்பிய கோளமோ அல்ல என்று நிலைநாட்டப்பட்டது.

சூரிய மண்டலத்தில் எல்லாவற்றையும்விட அதிகமாக ஆராயப்பட்ட கிரகம் பூமியே என்பதில் சந்தேகத்திற்கே இடமில்லை. மற்ற கிரகங்களின் கட்டமைப்பையும் இயை பையும்விட அதன் கட்டமைப்பையும் இயைபையும் நாம் நன்கு அறிவோம். எனினும் மிகப் பல விஷயங்கள் இன் னும் தெளிவுபடாமல், விஞ்ஞானிகளுக்கிடையே விவாதத் துக்கு உரியவையாய் உள்ளன. நேரடியான ஆராய்ச்சிக்கு எட்டக்கூடியது பூமியின் மேற்பரப்பின் மிக மெல்லிய அடுக்கு மட்டுமே. சுரங்கத்தின் ஆகப் பெரிய ஆழம் 3 கிலோமீட்டர், குடைவுத் துளையின் அதிகபட்ச ஆழம் 6 கிலோமீட்டர், அதாவது பூமியின் அரைவிட்டத்தில் சுமார் ஆயிரத்தில் ஒரு பகுதி மட்டுமே. தற்போது விஞ் ஞான நோக்கங்களுக்காக விசேஷமாகச் சில அதி ஆழத் துளைகள் குடைவதற்கு ஏற்பாடுகள் நடந்து கொண்டிருக் கின்றன. இந்தத் துளைகள் 10 கிலோமீட்டருக்கும் மேற் பட்ட ஆழத்துக்குள் செல்லவேண்டும். புவி மேலோட்டின்

தனித்தனிப் பகுதிகளில் நிகழ்ந்த கணிசமாகச் செங்குத்தான இடப் பெயர்ச்சியின் காரணமாக, ஒரு காலத்தில் பூமியின் மேற்பரப்புக்கு 15-20 கிலோமீட்டர் ஆழத்தில் புதைந்திருந்த அடுக்குகளை நேரடியாக ஆராய்வது சாத்தியம் ஆகிறது. ஆனால் இதுவும் பூமியின் அரைவிட்டத்தில் 300ல் ஒரு பகுதியே ஆகும். 20 கிலோமீட்டர் பருமனை மேற்படிவு முழுவதும் நேரடியான ஆராய்ச்சிக்குக் கிடைக்கக்கூடும் என்று வைத்துக் கொண்டாலும்கூட (இது எதார்த்தத்துக்குப் பொருந்தாதது என்பது தெரிந்ததே), அதுவும் பூமியின் பொருளில் அரைச் சதவிகிதம் மட்டுமே ஆகும். எஞ்சிய 99$^1/_2$ சதவிகிதம் பூமியின் பொருள் பற்றிய நமது அறிவு பிரத்தியட்சமாய்த் தெரியாத விவரங்களை மட்டுமே ஆதாரமாகக் கொண்டிருக்கும். இயற்கையான பூகம்பங்களாலும் செயற்கையானவற்றாலும் (வெடியதிர்ச்சிகளாலும்) உண்டாக்கப்படும் நில அதிர்ச்சி அலைகள் பரவுவதை ஆராய்வது இந்த விஷயத்தில் முக்கியப் பங்கு ஆற்றுகிறது. இது தவிர, பூமியின் மேற்பரப்பில் ஈர்ப்பு சக்தியின் பங்கீட்டை ஆராய்வதும் புவிக் காந்தப் புலனையும் புவி மின்னோட்டங்களையும் ஆராய்வதும் உட்பாகத்திலிருந்து மேற்பரப்புக்கு வரும் வெப்பப் பெருக்கை அளவிடுவதும் மிகவும் பயனுள்ள விவரங்களைத் தருகின்றன.

பூமிக்கு உள்ளே நிறை எவ்வாறு வினியோகிக்கப்பட்டிருக்கிறது என்பது பற்றிய முக்கியமான விவரங்கள் அதன் தட்டைத் தன்மையை அளவிட்டதன் அடிப்படையில் பெறப்பட்டுள்ளன. குறித்த சுழற்சி வேகத்தில் திரவக் கோளத்தின் தட்டைத்தன்மை மையத்தை நோக்கி அதன் நிறை குவிவதைச் சார்ந்திருக்கிறது என்று பிரெஞ்சு

கணித அறிஞர் க்ளேரோ 18ஆம் நூற்றுண்டில் தயாரித்த தத்துவம் காட்டுகிறது. பூமியின் மேற்பரப்பினது பெரும் பாலான பகுதியை மாகடல்கள் நிறைத்துள்ளன. எனவே பூமியின் வடிவம் அதை மூடியுள்ள திரவ அடுக்கினுலேயே நிச்சயிக்கப்படுகிறது. ஆகவே சுழலும் திரவக் கோளங்கள் பற்றிய தத்துவம் அதற்கு முழுமையாகப் பொருந்தும்.* பூமியின் துருவ அரைவிட்டம் பூமத்திய ரேகை அரைவிட்டத்தைக் காட்டிலும் 21 கிலோமீட்டர் குறைவு என்று புவிப்பரப்பு அளவையியல் [geodesic] அளவீடுகளால் நிலைநாட்டப்பட்டிருக்கிறது. பூமியின் தட்டைத் தன்மை ஒரேவகைக் கோளத்திற்கு ஏற்ற தட்டைத் தன்மையைவிடப் புலப்படும் அளவுக்குக் குறைவானது. இது மையத்தை நோக்கிய கணிசமான குவிவை, அதாவது ஆழத்தில் போகப்போகப் பொருளின் அடர்த்தி அதிகரிப்பதைக் காட்டுகிறது.

---

* உண்மையில் சுழற்சி வேகத்துக்குப் பொருத்தமான தட்டை வடிவம் கடல்கள், மாகடல்களின் மேற்பரப்பு மட்டும் அல்ல, திட பூமியின் மேற்பரப்பும் கொண்டிருக்கிறது. (பூமியின் மொத்த வடிவத்தைப் பார்க்கும் போது உயர்ந்த மலைப் பிரதேசங்களையும் தாழ்ந்த கடற்பகுதிகளையும் போன்ற ஏற்றத்தாழ்வுகளைக் கவனிக்காமல் விட்டுவிட வேண்டும்.) இவ்வாறு இல்லாவிட்டால், நீர் எல்லாம் பூமத்தியரேகையருகே திரண்டு, 20 கிலோமீட்டர் வரை ஆழமுள்ள வளைய மாகடல் ஆகியிருக்கும். துருவப் பிரதேசங்களோ தரைப்பகுதிகளால் நிறைக்கப்பட்டிருக்கும். பூமி உருண்டையின் தட்டை வடிவம் ஒரு காலத்தில் பூமி உருகிய நிலையில் இருந்ததைக் காட்டுவதாய் விளக்குவதற்குமுன்பு பயன்படுத்தப்பட்டது. உண்மையிலோ, பூமிப் பொருளின் குழைவுத்தன்மையே இதை விளக்குகிறது (கீழே பார்க்க).

பூமியின் சுழற்சி அச்சின் நிலை அண்டவெளியில் மாறுவதையும் சந்திரனின் இயக்கத்தில் பிறழ்வுகளையும் பற்றிய வானியல் அவதானிக்கைகளிலிருந்தும் இதே முடிவு பெறப்படுகிறது.

பூமியின் அடர்த்தி மையத்தை நோக்கி அதிகரிக்கிறது என்ற உண்மை விளக்கப்பட்டது புவிக்கோளத்தின் உள்ளமைப்பு பற்றிய கருத்தோட்டங்களின் அடுத்து வந்த வளர்ச்சியில் முக்கியப் பங்கு ஆற்றியது.

மிகத் தொன்மைக் காலந்தொட்டே மனிதர்கள் எரிமலைகளை அறிந்திருந்தார்கள். அவை கக்கும்போது பூகர்ப்பத்திலிருந்து உருகிய லாவா மேற்பரப்புக்குப் பொங்கி வருகிறது. பூமிக்கு உள் ஆழத்தில் போகப் போகச் சுரங்கங்களில் வெப்பநிலை உயர்வதுபற்றிய பற்பல அவதானிக்கைகள் பிற்பாடு செய்யப்பட்டன. பூமி ஒரு காலத்தில் ஒளிப் பிழம்பாக, அதாவது சூடேறிய ஒளிவீசும் கோளமாக இருந்தது என்ற அனுமானத்தைப் பெயர்பெற்ற ஜெர்மன் விஞ்ஞானி லேப்னிட்ஸ் [Leibniz] 17ஆம் நூற்றுண்டின் இறுதியில் வெளியிட்டார். பூமியின் வெளி அடுக்கை உருகிய திரவத்தின் மேற்பரப்பில் மிதக்கும் கசடுக்கு ஒப்பிட்டார் அவர்.

உருகிய திரவ நிலையிலிருந்த பொருள் உறைந்து கெட்டியாகியதால் தோன்றிய பல பாறைகளை ஆராய்ந்து, 18ஆம் நூற்றுண்டின் பிற்பகுதியில் புவியியலாளர்கள் பூமியின் உட்பகுதி வெப்பமானது மிக முக்கியப் பங்கு ஆற்றியது என்ற முடிவுக்கு வந்தார்கள். இவ்வாறு, லாப்லாஸ், தம்முடைய விண்கோளியல் கருதுகோளில், பூமி வெப்பமான வாயுத் திரட்சியிலிருந்து தோன்றியது என்று கொண்டபோது, ஆதிநிலை வெப்பம் அதன் உட்பகுதியில்

அப்படியே இருக்க, பூமி மேற்பரப்பிலிருந்து படிப்படியாகக் குளிர்ந்திருக்கும் கோளமாகும் என்ற கருத்து எல்லோராலும் அங்கிகரிக்கப்பட்டது. 19ஆம் நூற்றாண்டின் தொடக்கப் பகுதியில் பெரும்பாலான விஞ்ஞானிகள் பூமியானது 50லிருந்து 100 கிலோமீட்டர் வரையான பருமனுள்ள திடப் பொருளாலான மேலோடு கொண்டதென்றும் இதற்கடியில் நெருப்பு-திரவ உட்கரு உள்ளதென்றும் கூறி வந்தனர்.

1839ஆம் ஆண்டில் தி. சொக்கலோவின் ''புவிக் கோளியல் பயிற்சி'' [D. Sokolov, *Course in Geognosy*] செயின்ட் பீட்டர்ஸ்பர்கில் வெளியிடப்பட்டது. இதில் அவர் எழுதியிருந்தார்: ''புவிக்கோளியலின் உண்மைகளை... கணிதவியலின் உண்மைகளுடன் ஒப்பிடும்போது*, பூமியானது நெருப்பு-திரவ உட்கருவும், திடப்பொருளாலான மேலோடும் கொண்டுள்ள கோளமாகும் என்பதை நாம் ஒத்துக்கொள்ள வேண்டும் என்றே தோன்றுகிறது. இந்த உட்கருவில், அல்லது இன்னும் தெளிவாகக் கூறினுல் பூமியின் உருகிய உள்ளகத்தில், கனிமங்கள் அவற்றின் ஒப்பு எடைகளுக்கு ஏற்ப வினியோகமாயுள்ளன. ஆகவே உள்ளகத்தின் நடுவில் உலோகங்களும் அவற்றைச் சுற்றிலும் பாறைகளும் உள்ளன; ...இந்த உலோக அடுக்கில் முக்கியமானது இயற்கையில் மிகவும் அதிகமாகக் காணப்படும்

* இங்கு தி. சொக்கலோவ் புவியியல் புள்ளிவிவரங்களையும், வேருன உள் அடர்த்தி வினியோகத்தைக் கொண்ட சுழலும் திரவப் பொருள் தட்டை வடிவம் பெறுவது பற்றிய கணிதவியல் ஆராய்ச்சிகளின் முடிவுகளையும் குறிப்பிடுகிருர். பூமியின் மையத்தை நெருங்க நெருங்க அதன் அடர்த்தி அதிகமாவதை இவை நிரூபிக்கின்றன.

இரும்பாகும்.... எனவே புவிக்கோளத்தின் உள்ளகத்தை, உலோகங்கள் எப்பொழுது அடியிலும் கசடு உச்சியிலுமாகக் கொண்ட உலோக உலை போன்றதாகக் கருத வேண்டும்.''

இவ்விதமாகச் சென்ற நூற்றுண்டில், பூமியின் உள்ளமைப்பு குறித்து தோன்றிய இக்கருத்து இன்றையக் காலம் வரை ஓரளவுக்குத் தொடர்ந்து நிலவி வந்தது.

சொக்கலோவின் நூலைப் பற்றி வெளிநாடுகளில் தெரியாது. எனவே பூமியின் மையப் பகுதிகளில் இரும்பு குவிந்திருப்பதுபற்றிய கருத்து அமெரிக்கப் புவியியல் அறிஞர் டான் என்பவருக்கே உரியது என எல்லா வெளிநாட்டு ஆசிரியர்களும் கருதுகிருர்கள். டானின் நூல் 1847ல் வெளியாயிற்று.

பாறைப் பொருளாலானவையும் இரும்பு உள்ளவையுமான விண்கற்கள் பூமி போன்ற ஒரு கோளின் சிதறுத் துண்டங்களே என்ற அனுமானத்தை பிரெஞ்சுப் புவியியல் அறிஞர் புவாஸ்ஸே 1850ல் வெளியிட்டார். மற்ருெரு பிரெஞ்சுப் புவியியலாளர் தொப்ரே என்பவர், 1866ல் இன்னும் ஓர் அடி முன்னே சென்று, பூமியின் உட்கரு வெறும் இரும்பால் மட்டும் அல்ல, விண்கற்களில் நாம் காண்பது போல் நிக்கல் கலந்த இரும்பால் ஆனது என்னும் அனுமானத்தை வெளியிட்டார். அந்தக் காலம் முதல், பூமியின் உட்கரு இரும்பால் ஆனது என்ற கருதுகோளுக்கு விண்கற்களின் இயைபு குறித்த ஒப்புமை ஆதாரமாகக் கொள்ளப் படலாயிற்று. மறுபுறமோ, விண்கற்கள் பூமிபோன்ற கிரகம் சிதைந்து சிதறியதன் விளைவாகத் தோன்றின என்ற கருதுகோள், பூமியின் உட்கரு இரும்பாலானது என்ற கருதுகோளையே ஆதாரமாகக் கொண்டிருந்தது.

பூமியின் கட்டமைப்பு குறித்த பிரச்சினையை உலோக உருக்கு உலையின் ஒப்புமையை அடிப்படையாகக் கொள்ளாமல் பூமி உருவான நிகழ்ச்சிப்போக்கின் பரிசீலனையை அடிப்படையாகக் கொண்டு அணுகும் முயற்சி (இது எல்லோராலும் மறக்கப்பட்டுவிட்டது), தனிமங்களின் ஆவர்த்தன விதியைத் தொகுத்தவரான தி. இ. மெந்திலேயேவால் [D. I. Mendeleyev] 1877ஆம் ஆண்டு செய்யப்பட்டது. அவர் லாப்லாசின் கருதுகோளை ஆதாரமாகக் கொண்டு, பூமி சூடேறிய வாயு உருண்டையிலிருந்து உருவாயிற்று எனக் கருதினார். வாயுக்கள் திரவநிலை அடைவது பற்றிய தமது ஆராய்ச்சிகளின் அடிப்படையில், கனமான தனிமங்களே முதலில் இறுகி மையத்தில் குவிய வேண்டும் என்ற முடிவுக்கு அவர் வந்தார். ''பெருத்த அணு எடை கொண்ட எந்தத் தனிமங்கள் பூமிக்கு உள்ளே பெருமளவில் அடங்கியிருப்பதாகக் கொள்ள வேண்டும்?'' என்ற கேள்விக்கு மெந்திலேயேவ், புவி மேலோட்டின் இயைபையும் சூரிய வளிமண்டலத்தின் இயைபையும் மேற்கோள் காட்டி, இது இரும்பாக மட்டுமே இருக்க முடியும் என்று விடை அளித்தார்.

இன்றைய அறிவியல் நோக்குநிலையிலிருந்து மெந்திலேயேவின் ஆராய்ச்சியில் அனேகக் குறைபாடுகளைக் காட்ட முடியும் என்றாலும், நூறு ஆண்டுகளுக்கு முன் வானபௌதிகவியல் இருந்த தொடக்க நிலையைப் பார்க்கும்போது அவரது ஆராய்ச்சி மிகுந்த முற்போக்கு உள்ளதாக இருந்தது. புவிக்கோளத்தின் கட்டமைப்பு பற்றிய பிரச்சினையை இரசாயன விதிகளின் அடிப்படையில் அணுகும் முயற்சி இந்த நூற்றாண்டின் நாற்பதாம் ஆண்டுகள் வரை வெவ்வேறு விஞ்ஞானிகளாலும் மீண்டும் மீண்டும்

செய்யப்பட்டது. சூடேறிய வாயுக் கோளத்தில் பொருள் சுருங்கி இறுகியது என்று தி. இ. மெந்திலேயேவ் போலச் சிலர் கருதினர்கள். உருகிய நிலையிலிருந்த பூமியில் பொருள்கள் பாகுபடுத்தப்பட்டன என்று வேறு சிலர் எண்ணினர்கள். இந்த ஆராய்ச்சிகளின் பல குறைபாடுகளுக்குக் காரணம், பூமியின் பிரமாண்டமான பரிமாணங்கள் அவற்றில் கணக்கில் எடுத்துக் கொள்ளப்படவில்லை, அல்லது போதிய அளவு கருத்தில் கொள்ளப்படவில்லை என்பதே. ஆய்வுக்கூடத்தின் அல்லது உலோக உருக்கு உலையின் நிலைமைகளில் நிலைநாட்டப்பட்ட விதிகள், இந்தப் பேரளவுகளின் காரணமாக பூமிக்குப் பல சந்தர்ப்பங்களில் பொருந்துவதில்லை. எனினும் இந்த முயற்சிகள் வெற்றி பெறுமல் போனதற்கு முக்கியக் காரணம் பூமி தொடக்கத்தில் உருகிய நிலையில் இருந்தது என்ற எண்ணத்தை அவை அடிப்படையாகக் கொண்டதுதான் என்பது இப்போது தெளிவாகிவிட்டது.

பூமியின் உள் வெப்பமானது அது ஆதியில் உருகிய நிலையிலே இருந்ததைக் குறிக்கிறதென்ற கருத்து தவரூனது என்பதை பேரவை விஞ்ஞானி வெர்னுத்ஸ்கிய் பல ஆண்டுகளுக்கு முன்பே அடிக்கடி வலியுறுத்தினர். ''அணுக் கதிரியக்க வெப்பம்தான் பூமியில் நிகழும் எல்லா புவியியல் நிகழ்ச்சிப்போக்குகளுக்கும் மூலகாரணமாயுள்ள வெப்பத்தின் பிரதான தோற்றுவாயாகும்; அண்மைக் காலம் வரை நம்பப்பட்டு வந்தது போல குளிர்ந்து வரும் புவிக்கோளில் எஞ்சி நிற்கும் வெப்பமல்ல.... ஒரு காலத்தில் உருகிய நிலையில் இருந்த புவிக்கோள் பற்றிய விண்கோளியல் கருதுகோள்களைக் கொண்டு முன்பெல்லாம் இந்த வெப்பம் தோன்றியதற்கான காரணம் விளக்கப்

பட்டு வந்தது. துரதிருஷ்டவசமாய் இன்றும் நமது பள்ளிகளில் இவைதாம் கற்றுத்தரப்படுகின்றன.''

பேரவை விஞ்ஞானி ஷ்மித்தின் தத்துவத்தின்படி பூமி திடத் துகள்கள் ஒன்றுதிரண்டதன் மூலமாய் உருவானதாகும்; எக்காலத்திலும் இது ''நெருப்பு-திரவ'' நிலையிலே இருந்ததில்லை. பூமியின் அடியாழங்களிலுள்ள உயர்ந்த வெப்பநிலைகளுக்குப் பிரதான காரணம் கதிரியக்கத் தனிமங்களது சிதைவினால் வெளியிடப்படும் வெப்பத்தின் சேமிப்பே ஆகும்; பூமி உருவானபோது வெளியிடப்பட்ட வெப்பம் இதற்குச் சொற்ப அளவேதான் காரணம்.

இவ்வாறு, வி. இ. வெர்னத்ஸ்கிய் இன்னும் முன்னர் ஆதரித்த கருத்துக்களையே ஷ்மித் விண்கோளியல் ஆதாரங்களால் நிலைநாட்டினார். 40ஆம் ஆண்டுகளின் நடுவில் இது பற்றிய ஷ்மித்தின் ஆரம்பக் கட்டுரைகள் வெளியிடப்பட்டபோது பூமியின் குளிர்ந்த தொடக்க நிலை பற்றிய கருத்து பெரிய பரபரப்பை ஏற்படுத்தியது. பற்பல புவியியலாருக்கும் புவிபௌதிகவியலாருக்கும் புவியிரசாயனவியலாருக்கும் இந்தக் கருத்து அப்போது ஏற்கத் தகாததாகத் தோன்றியது. ஆனால் பூமியின் கட்டமைப்பையும் வளர்ச்சியையும் விளக்குவதற்கான எத்தகைய வாய்ப்புக்களை இந்தப் புதிய நோக்கு நிலை அளிக்கிறது என்பதை அவர்கள் படிப்படியாக மேலும் மேலும் அதிகமாக உணர்ந்தார்கள். இப்போது பூமியின் குளிர்ந்த தொடக்க நிலை பற்றிய கருத்து உலகம் முழுவதிலும் எல்லோராலும் ஏற்றுக்கொள்ளப்பட்டுவிட்டது.

பூமியின் மேற்பரப்பில் நுண்கிரகங்களையொத்த கோளங்களும் அவற்றின் துண்டங்களும் வீழ்ந்ததன் விளைவாய் புவிக்கோளம் பெரிதாயிற்று. இந்நிகழ்ச்சிப்போக்கின்போது

துகள்களின் இயங்கு ஆற்றல் வெப்ப ஆற்றலாக மாறியது. வெப்பத்தின் வெளியீடு பூமியின் மேற்பரப்பில் ஏற்பட்ட தால் இதன் பெரும் பகுதி அண்டவெளியில் மறைந்தது; மிகச் சிறு அளவு மட்டுமே பூமியின் உட்பகுதிகளைச் சூடாக்க உதவிற்று. இருந்தாலும் சப்ரோனவின் கணக்கீடு களின் படி, புவிக்கோளின் உட்பகுதிகள் 1,000 — 1,500°K வரை சூடாக முடிந்தது. அது மேற்கொண்டு அடைந் துள்ள உயர்ந்த வெப்பநிலையானது நடை முறையில் கதி ரியக்கத் தனிமங்களின் மூலமே ஆகும்.

பூமியின் பொருளில் யுரேனியம், தோரியம், ரேடியம், பொட்டாசியம்* ஆகிய கதிரியக்கத் தனிமங்கள் சிறிதளவு கலந்துள்ளன. இந்தத் தனிமங்களின் அணுக் கருக்கள் தொடர்ந்து சிதைந்து பிற தனிமங்களின் அணுக் கருக்க ளாக மாறுகின்றன. சிதைவதன் விளைவாய், தோரியம் அல்லது யுரேனியத்தின் ஒவ்வொரு அணுவும் ஒப்பளவில் விரைவாய்த் தொடர்ச்சியான இடைநிலைக் கதிரியக்க அணுவாக மாறுகிறது (குறிப்பாக, ரேடியம் அணுவாக மாறுகிறது). இதனல் அவை முடிவில் காரீயத்தின் [lead] ஏதாவதொரு தமனியின்** நிலை அணுவாகவும், பல ஹீலிய அணுக்களாகவும் மாறுகின்றன. பொட்டாசியம் சிதை வதன் விளைவாய்க் கால்சியமும் ஆர்கானும் தோன்றுகின் றன.

தற்போது, ஒரு டன் எடையுள்ள புவிப் பொருளுக்கு

---

* பொட்டாசிய அணுக்கள் எல்லாம் கதிரியக்கத் தன்மை உள்ளவை அல்ல; 40 அணு எடை உள்ளவை மட்டுமே இத்தன்மை உள்ளவை.

** தமனிகள் [isotopes] என்பவை, ஒரே தனிமத்தின் அணுக்கள், அணு எடையில் மட்டுமே இவை வேறுபடும்.

யுரேனியமும் தோரியமும் சேர்ந்து சுமார் 0.1 கிராம், கதிரியக்கப் பொட்டாசியம்-40 சுமார் 0.1 கிராம் என்ற விகிதத்தில் உள்ளன. சுமார் பாதி வெப்பம் யுரேனியமும் தோரியமும் தருகின்றன, சுமார் பாதி வெப்பம் பொட்டாசியம் தருகிறது. இந்தக் கதிரியக்கத் தனிமங்கள் தொடக்கத்திலிருந்தே பூமியின் இயைபில் சேர்ந்திருந்தன. இவை ஓயாமல் சிதைந்த வண்ணமாய் இருப்பதாலும் இவற்றின் சேமிப்பு குறைந்து கொண்டு போவதாலும் பூமியின் வெப்ப வீச்சு அது உருவானபின் உடனடியாக, தற்போது உள்ளதைவிட 7 மடங்கு அதிகமாயிருந்தது. பொட்டாசியம்-40 அணுக்கள் யுரேனிய, தோரிய அணுக்களைவிட விரைவாகச் சிதைகின்றன. இப்போது இருப்பதைவிட முன்பு அவை அதிகமாக இருந்தன ஆதலால் அவைதாம் அப்போது வெப்பத்தின் பிரதானத் தோற்றுவாயாக விளங்கின.

தனித்தனித் துகள்களிலிருந்து வெளிப்படும் வெப்பம் எளிதில் வெளியே சென்று அண்டவெளியில் விரவிப் பரந்துவிடுகிறது. ஆனால், நூற்றுக் கணக்கான விட்டமுள்ள இடைநிலை கோளங்கள் உருவான போது, அவற்றின் அடியாழங்களில் வெப்பம் சேமிக்கப்படத் தொடங்கியது. இத்தகைய கோளங்களில் ஒன்று பூமியின் ''கரு''வாயிற்று; புவிக்கோளின் நடுப்பகுதியை அமைத்தது. பூமியின் மேற்பரப்பு அடுக்குகள் பிற்பாடு, 20 கோடி ஆண்டுகளுக்குப் பிறகு, உருவாயின (பக்கம் 72ஐப் பார்க்கவும்). ஆதலால் வெப்பத்தைத் தாமதித்துச் சேமிக்கத் தொடங்கியது. எனவேதான் புவிக்கோள் தோன்றியதும் மேற்பரப்பிலிருந்து உள்ளாழத்துக்குச் செல்லச் செல்ல அதன் வெப்பநிலை அதிகரித்தது.

புவிப் பொருளின் ஒவ்வொரு கிராமிலும் மிகக் குறைந்த வெப்பமே வெளியிடப்படுகிறது (தற்போது ஆண்டுக்கு ஏறக்குறைய 1/2,00,00,000 காலரிகள்) எனினும், பூமி நிலவிவரும் காலமான பல நூறு கோடி ஆண்டுகளில் வெப்பம் ஏராளமாகச் சேமிக்கப்பட்டுவிட்டபடியால் பூமியின் உட்பகுதியுடைய வெப்பநிலையை அது 2,500—3,000° வரை உயர்த்திவிட்டது. பூமியின் பேரளவுகள் காரணமாக அதன் மையப் பகுதிகளிலிருந்து மேற்பரப்புக்கு வெப்பம் கசிவது மிக மெதுவாக நிகழ்கிறது. எனவே மையப் பகுதிகள் இன்னும் தொடர்ந்து சூடேறிக் கொண்டிருக்கின்றன எனத் தோன்றுகிறது. வெப்பம் வெளியிடப்படுவது இடையருது குறைந்துவந்தாலும் (கதிரியக்கத் தனிமங்கள் சிதைந்து அவற்றின் சேமிப்பு குறைவதன் விளைவாக) பூமியின் மையப் பகுதிகளில் வெப்ப வெளியீடு அதன் கசிவைவிட அதிகமாகவே தொடர்ந்து நிலவுகிறது. இவ்வாறு பூமியின் உட்பகுதிகளில் சேமித்து வைக்கப்படும் வெப்பத்தால் பூமியின் மேற்பரப்பும், அதில் வாழ்வதற்குரிய நிலைமைகளும் பாதிக்கப்படுவதில்லை. ஏனென்ருல், மேற்பரப்பு வெப்பநிலை சூரியனிலிருந்து பெறப்படும் உஷ்ணத்தாலேயே ஏற்படுகிறதேயன்றி உட்பகுதியின் வெப்பத்தாலல்ல. பூமியானது வெப்பத்தை எளிதில் கடத்தக் கூடியதல்ல. அதன் அடியாழங்களில் இருந்து மேற்பரப்பிற்கு வரும் வெப்பம், சூரியனிடமிருந்து வருவதைவிட 5,000 மடங்கு குறைவாக இருக்கிறது.

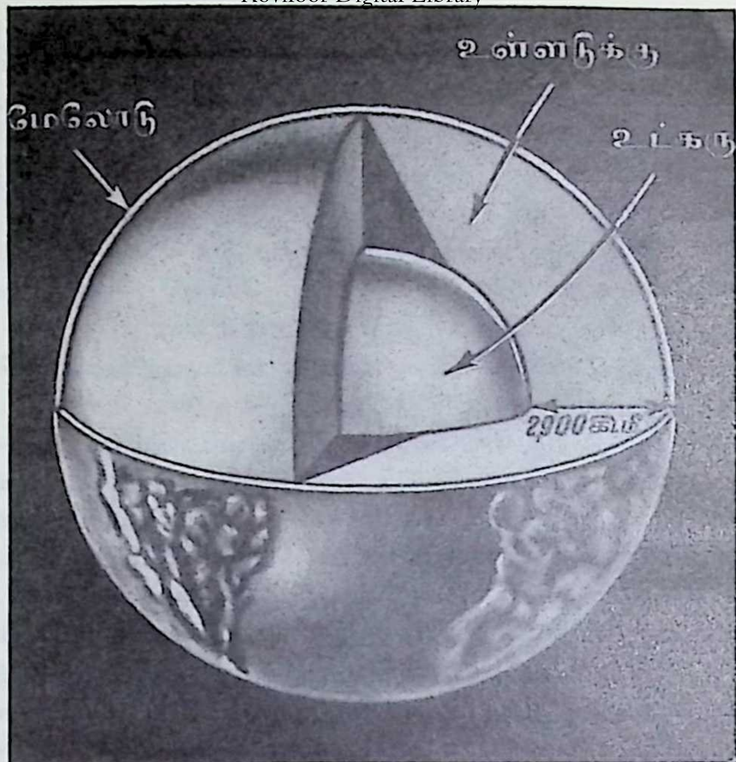
சூரியனில் உள்ள பொருளிலும் சிறிதளவு கதிரியக்கத் தனிமங்கள் உள்ளன. ஆனல் சூரியனது சக்திவாய்ந்த கதிர்வீச்சுடன் ஒப்பிடும்பொழுது, இத்தனிமங்களால் வெளியிடப்படும் ஆற்றல் மிகக் குறைவானதே. சூரியனு

டைய உட்பகுதியில் அழுத்தமும் வெப்பமும் மிக அதிகம். இதனுல் அங்கு வெப்ப அணுக்கரு எதிர்வினைகள் [thermo-nuclear reactions] தொடர்ந்து நடைபெறுகின்றன. இதனுல் நீரக அணுக் கருக்கள் மேலும் சிக்கலான கட்டமைப் புள்ள ஹீலிய அணுக் கருக்களாக மாற்றப்படுகின்றன. அப்பொழுது ஏராளமான அளவு அணுக்கரு ஆற்றல் [nuclear energy] வெளியிடப்படுகிறது. இந்த ஆற்றல்தான் சூரியனின் கதிர்வீச்சு பல நூறு கோடி ஆண்டுகளாய் நடைபெறுவதற்கான ஆதாரமாய் உள்ளது.

ஆனுல் பூமியின் உள்ளமைப்பைப் பற்றிய பிரச்சினை யைத் திரும்பவும் பார்ப்போம்.

19ஆம் நூற்ருண்டின் முடிவில் நில அதிர்ச்சி அலைகள் [seismic waves] பரவுதலைப் பற்றிய ஆராய்ச்சி, பூமியின் ஆழ்மட்டங்களுக்குச் செல்லச் செல்ல பூமியினுடைய அடர்த்தி ஒரே சீராகத் தொடர்ந்து மேலும் மேலும் அதிகமாகிறதென்றும், ஆனுல் அதற்கு அப்பால் அடர்த்தி திடீரென்று வெகுவாய் அதிகரிகிறதென்றும் காட்டி யுள்ளது. பூமியின் உட்பகுதி பாறை, இரும்பு ஆகிய இரு பிரிவுகளாகத் துல்லியமாகப் பிரிக்கப்பட்டுள்ளது என் பதற்குரிய அறிகுறியே ஆகும் இது என்று பழைய கருத் துக்கள் இதற்கு விளக்கம் கூறிவந்தன.

பூமியின் அடர்த்தி மிகுந்த உட்கருவின் எல்லை மேற் பரப்பிலிருந்து சுமார் 2,900 கிலோமீட்டர் ஆழத்தில் இருக்கிறது (படம் 19) என்று தற்பொழுது நிலைநாட்டப் பட்டிருக்கிறது. உட்கருவின் விட்டம் பூமியின் விட்டத்தில் பாதிக்கு மேல் இருக்கிறது; அதன் நிறை பூமியின் நிறை யில் மூன்றில் ஒரு பங்கு இருக்கிறது.



படம் 19. பூமியின் உள்ளமைப்பு

சுமார் 250 கிலோமீட்டர் ஆழத்தில் அழுத்தம் 100,000 வளிமண்டலங்களுக்குச் சமமானதாகிவிடுகிறது என்றும், பூமியின் நடுப்பகுதியில் 30,00,000 வளிமண்டலங்களுக்கும் கூடுதலாகிவிடுகிறது என்றும் கணக்கீடுகள் காட்டுகின்றன. இத்தகைய பிரம்மாண்டமான அழுத்தங்

களின் விளைவாய்ப் பொருளுக்குரிய உருகு நிலைத் தானம் கணிசமான அளவுக்கு உயர்கிறது. எனவே, சில ஆயிரம் சென்டிகிரேடு வெப்பநிலையிலுங்கூட பூமியின் பெரும்பாலான உட்பொருள் திரவ நிலையில் இருக்குமெனக் கருதுவதற்கில்லை. தார் அல்லது நிலக்கீல் போன்ற நிலையில் இது இருக்கிறது. தொடர்ந்து செயல்படும் சக்திகளின் காரணமாக, அது மெதுவாக இடம் பெயரக் கூடும், உரு சிதையக் கூடும். உதாரணமாக பூமி, அதன் அச்சுவழி இயக்கத்தின் போது, மையம் விட்டோடும் சக்தி காரணமாய்த் திரவத்தாலானது போல தட்டையான வடிவத்தைப் பெற்றது. அதே சமயத்தில், தற்காலிகமாய்ச் செயல்படும் சக்திகளுக்கு எதிரே இது திடப்பொருளைப் போல் இயங்கி, உருக்கைவிட அதிகமான நெகிழ்வை வெளிப்படுத்துகிறது. இத்தன்மை, உதாரணமாய் நில அதிர்ச்சி அலைகளின் பரவுதலின்போதும், சந்திரனால் ஏற்படும் கவர்ச்சியின்போதும், பல மற்ற நிகழ்ச்சிகளின்போதும் வெளியாகிறது.

புவி உட்கருவில் அதன் வெளிப் பகுதியை மையப் பகுதியிலிருந்து பிரிக்கும் பிரிவு எல்லையை புவிபௌதிகவியலாளர்கள் 40களின் நடுவில் அறிந்தனர். இந்த மையப் பகுதி 'உள்ளகம்' அல்லது ''உட்கருவின் கரு'' எனப் பெயர் பெற்றது.* உள்ளகம் பூமியின் $2^1/_2$ சதவீத நிறையையே தன்னுள் கொண்டிருக்கிறது. உள்ளகம் இயைபிலோ, பொருளின் பௌதிக நிலையிலோ வெளிப் பகுதியிலிருந்து வேறுபடுகிறதா இல்லையா என்று சொல்வது

---

* 1963ஆம் ஆண்டில், உட்கருவின் வெளிப் பகுதிக்கும் உள் பகுதிக்கும் இடையே இடை அடுக்கு உள்ளது என்னும் சந்தேகம் ஏற்பட்டது.

தற்போதைக்குக் கடினம். நில அதிர்ச்சி அலைகள் பரவுதல் குறித்த ஆராய்ச்சி, பூமிச் சுழற்சிபற்றிய ஆராய்ச்சி ஆகியவையும் புவிக் காந்தப் புலனின் தோற்றம் பற்றிய தத்துவார்த்தக் கற்பனையும் உட்கருவின் வெளிப் பகுதி திரவமாக இருக்க வேண்டும் என்று காட்டுகின்றன. அதே சமயம், உள்ளகத்தின் திடநிலைக்கு ஆதரவாகச் சில வாதங்கள் உள்ளன.

தற்காலத்தில், பூமி குளிர்ந்த கோளமாக ஒன்று திரண்டது என்பது தெரிய வந்த பின்னர், வாயுத் திரட்சி சூடு ஆறியபோது இரும்பு முதலில் இறுகிக் கெட்டியா யிற்று என்றோ, பூமி கொதிக்கும் திரவநிலையில் இருந்த போதே இரும்பு மையத்துக்குப் பெருகிச் சென்றுவிட்டது என்றோ சொல்லக் கூடாது. எனினும் பெரும்பாலான விஞ்ஞானிகள் புவியின் இரும்பு உட்கரு பற்றிய பழைய கருதுகோளையே தொடர்ந்து மேற்கொண்டு வருகின்றனர். இந்தக் கருதுகோள் ஆதாரம் அற்றது என்பதைப் புவி யியல் அறிஞர் லோதச்னிக்கவ் [V.N. Lodochnikov] 1939லே யே குறிப்பிட்டார். மேல் அடுக்குகளின் பிரம்மாண்ட எடை காரணமாக பூமிக்கு உள்ளே நிலவும் பேரளவான அழுத்தங்களில் பொருளின் செயற்பாடு எப்படி இருக்கும் என்பதை நாம் நன்கு அறியோம் என்று அவர் சுட்டினர். அழுத்தம் அதிகரிப்பதற்கு ஏற்பப் பொருள்களின் அடர்த் தியிலும் பிற பண்புகளிலும் படிப்படியாக ஏற்படும் மாற்றம் தவிர, பாய்ச்சல் வகை மாற்றங்களும் கட்டாயம் நிலவ வேண்டும் என்று அவர் கூறினர்.

ஷ்மித் தமது தத்துவத்தை உருவாக்கத் தொடங்குகை யில் அப்போது எல்லோராலும் ஏற்றுக்கொள்ளப்பட்ட கருத்தோட்டத்திற்கு இணங்க, பூமியின் உட்கரு இரும்

பால் ஆனது என்று கருதினர். எந்தக் கோளங்களும் துகள் களும் திரண்டதால் பூமி உருவாயிற்றோ அவை விண்கற் கள் போலவே பாறை (சிலிக்கன்) பொருள்கள் மட்டு மின்றி இரும்பையும் உள்ளடக்கியிருந்தன என்று வைத்துக் கொண்டு, புவிப் பொருள் ஈர்ப்பு சக்தியின் (புவியீர்ப்பு மாற்றம்) பாதிப்பினல் பாகுபட்டதன் விளைவாகவே உட் கரு உருவாயிற்று என்றும் இந்த நிகழ்ச்சிப்போக்கு பூமி யின் உட்பாகம் சூடடைந்த பிறகே தொடங்கிற்று என்றும் அவர் அனுமானித்தார். அடுத்துவந்த ஆண்டுகளில், பூமி குளிர்ந்த திடக் கோளங்கள் ஒன்றுதிரண்டதால் உருவா யிற்று என்ற கருத்தும் அது குளிர்ந்த தொடக்க நிலை கொண்டிருந்தது என்ற கருத்தும் மேலும் மேலும் பரவப் பரவ, மற்ற விஞ்ஞானிகளும் பூமியின் இரும்பு உட்கரு இவ்வாறு தோன்றியிருக்கலாம் என்று அனுமானிக்கலா ஞர்கள். எனினும் அவர்கள் இந்த நிகழ்ச்சிப்போக்கின் அளவுவகைப் பகுப்பாய்வுக்கு உட்படுத்தாமல் அது பற்றிய வர்ணனை ரீதியான, பண்புவகைப்பட்ட எண்ணங் களாலேயே திருப்தி அடைந்துவிடுகிறார்கள். 1947ஆம் ஆண்டு லியூஸ்டிஹ் [Lustikh] என்பவர் செய்த இத் தகைய பகுப்பாய்வு ஆழ்ந்த சிக்கலை வெளிப்படுத்தியது. இந்த நிகழ்ச்சிப்போக்கு மட்டுமீறி மந்தமானது என் பதே அந்தச் சிக்கல். எனவே, 1949-50ஆம் ஆண்டுகளில் லோதச்னிக்கவின் கருத்துக்கள் ஆங்கிலேய பௌதிக அறிஞர் ராம்ஸேயின் [Ramsay] ஆராய்ச்சிகளால் மேற் கொண்டு வளர்க்கப்பட்டதும் ஷ்மித் பூமியின் இரும்பு உட் கரு பற்றிய பழைய கருதுகோளைக் கைவிட்டு விட்டு, பூமி யின் அடர்த்திமிக்க உட்கருவின் இயல்பு பற்றிய புதுக் கருத்தோட்டத்தை மேற்கொண்டார். புவி உட்கருவின்

தோற்றத்தை விளக்குவதில் இருந்த எல்லாச் சிக்கல் களையும் இந்தக் கருத்தோட்டம் போக்கிவிட்டது.

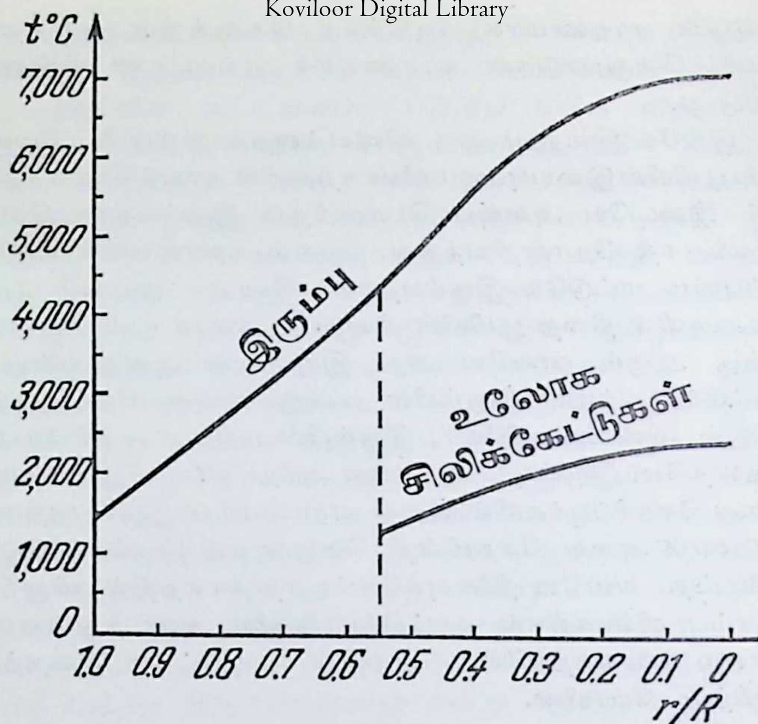
அணுவின் கட்டமைப்பு பற்றிய நவீன விவரங்களை ஆதாரமாகக் கொண்டு, பெரும் அழுத்தத்தின் பாதிப்பி ஞல் பொருளின் தன்மைகளில் பாய்ச்சல் மாற்றங்கள் நிகழ்வது சாத்தியமே என ராம்ஸே காட்டினர். இத் தகைய மாற்றங்களால் பொருளின் அடர்த்தி அதிகரிப் பது மட்டுமின்றி அது உலோகத்துக்குரிய தன்மைகளையும் பெறுகிறது. புவி உட்கரு இரும்பினுல் ஆனது அல்ல, ''உலோகத்தன்மை பெற்ற சிலிக்கேட்டுகளால்'', அதா வது 14,00,000 வளிமண்டல அழுத்தத்தின் (உட்கருவின் எல்லை அருகே உள்ள அழுத்தம் இத்தகையதே) பாதிப்பி ஞல் ஒரே பாய்ச்சலில் அதிக அடர்த்தி உள்ள உலோக நிலைக்கு மாறிவிட்ட பாறை (சிலிக்கேட்டுப்) பொருளால் ஆனது என்ற அனுமானம் பூமியைப்பற்றியும் பெளமியத் தொகுப்பைச் சேர்ந்த பிற கோள்களைப் பற்றியும் நிலவும் எல்லா விவரங்களையும் நன்கு விளக்கியது.

முதலாவதாக, ஏற்கனவே குறிப்பிட்டுள்ளது போல, புவி உட்கரு இரும்பாலானது என்று கருதிஞல் வெள்ளி, பூமி, செவ்வாய், சந்திரன் ஆகியவற்றின் ஒப்பு அடர்த்தி யில் உள்ள வேறுபாடுகள் அவற்றில் இரும்பின் உள் ளடக்கம் வெவ்வேருய் இருப்பதனுல் ஏற்பட்டன என்று எண்ண நேரும். ஆனல் இவ்வேறுபாடுகள் எப்படித் தோன் றின என்று விளக்க முடியாது. உலோகத்தன்மை பெற்ற சிலிக்கேட்டுகள்பற்றிய புதிய கருதுகோளை ஏற்றுக்கொண் டால், இந்தக் கோள்கள் ஒரே மாதிரி இயைபு கொண்ட வை என்றும், அவற்றின் அடர்த்தியில் வேறுபாடுகள் அவற் றின் உட்பாகங்களில் (அவற்றின் நிறைகளில் உள்ள வேறு

பாடுகள் காரணமாக) ஆதிக்கம் செலுத்தும் அழுத்தங் களின் வேறுபாடுகள் காரணமாக ஏற்பட்டன என்றும் ஆகிறது.

இங்கே இன்னும் ஒரு விஷயத்தைக் குறிப்பிட வேண் டும். பூமியின் இயைபுக்கும் விண்கற்களின் தாய்க் கோளத்துக் கும் இடையே அளவுப் பொருத்தம் இருப்பதாக வெகு காலமாகத் தோன்றிவந்தது. ஆனால் உண்மையில் பண்பு ஒப்புமை மட்டுமே இருப்பதாகச் சொல்ல முடியும். புவி உட்கருவின் நிறை பூமியின் நிறையில் சுமார் மூன்றிலொரு பங்கு ஆகும். எனவே அது இரும்பால் ஆனது என்றால் பூமியில் நிக்கல் இரும்பின் பங்கு அவ்வளவே ஆகும். ஆனால் விண்கற்களிலோ, இரும்பின் பங்கு சராசரி 10-12 சதவீதமே. இரும்பு விண்கற்கள் அரிதாகவே விழுகின்றன. நமது சேகரிப்புக்களில் அவை ஏராளமாய் இருப்பதற்குக் காரணம் அவை சேதமின்றி வெகுகாலம் இருக்கக் கூடும் என்பதே. எனவே நினைவுக்கெட்டாத காலத்தில் விழுந்த இரும்பு விண்கற்கள் காட்சிச்சாலைகளை அடைந்துள்ளன. பாறை விண்கற்களோ காற்றில் அடிபட்டுச் சிதைந்து அழிந்து போயின.

இரண்டாவதாக, இரும்பு உட்கரு பற்றிய கருது கோள், அது உருகு நிலையிலும், அதனுடன் ஒட்டியுள்ள உள்ளடுக்கின் கீழ்ப் பாகம் திட நிலையில் இருப்பதையும் ஒரே சமயத்தில் விளக்க வல்லதல்ல. (உள்ளடுக்கு தன் வழியே நில அதிர்ச்சியின் நெடுக்குவாட்டான அலைகளை மட்டுமின்றிக் குறுக்குவாட்டான அலைகளையும் செல்ல விடுகிறது என்பதில் இந்தப் பிந்திய விவரம் வெளிப்படு கிறது.) உட்கருவில் நிலவும் அழுத்தங்களில் இரும்பின் உருகுநிலைத் தானம் அதன் எல்லைகளில் 4,000° ஆகவும்,



படம் 20. பூமியின் அடியாழங்களில் இரும்பும் உலோக சிலிக்கேட்டுகளும் உருகும் வெப்பநிலை

மையத்தில் 7,000° ஆகவும் இருக்கிறது (படம் 20). அதே சமயம் உள்ளடுக்கில் பாறைப் பொருள்களின் உருகு நிலைத் தானம் 4,000—4,500°க்கு மேல் இருக்கவில்லை. உட் கருவின் வெளிப் பகுதியை உருகச் செய்வதற்குத் தேவை யான 5,000° வரை உட்கருவைச் சூடாக்குவது, அவ்வாறு

செய்கையில் அதை ஒட்டியுள்ள உள்ளடுக்கின் கீழ்ப்பகுதியை உருகச் செய்யாமல் சாத்தியமல்ல! பூமியைச் சூடு படுத்துவதில் கதிரியக்கத் தனிமங்கள் ஆற்றும் பங்கையும் இதோடு சேர்த்து நினைவுபடுத்திக் கொண்டால் அதிகப் படிச் சிக்கல் எதிர்ப்படுகிறது. கதிரியக்கத் தனிமங்களின் சேர்மங்களது இரசாயனத் தன்மைகள் காரணமாக, பாறைப் பொருள்களைக் காட்டிலும் ஒப்பிடமுடியாத அளவு குறைவாகவே இரும்பு அவற்றை உள்ளடக்கியிருக் கிறது (உதாரணமாக, பாறை விண்கற்களிலும் இரும்பு விண்கற்களிலும் அவற்றின் உள்ளடக்கத்திலிருந்து இதைக் காணலாம்). எனவே, பாறைப் பாங்கான உள்ளடுக்கைக் காட்டிலும் இரும்பு உட்கரு குறைந்த வெப்பநிலைக்கே சூடாக்கப்பட்டிருக்கும். ''உலோகத் தன்மை பெற்ற சிலிக்கேட்டுகள்'' என்ற கருதுகோளில் இந்தச் சிக்கல்கள் இல்லை. அண்மையில் ழார்க்கோவ் [Zharkov] செய்த கணக் கீடுகளின்படி புவி உட்கருவில் உலோகத்தன்மை பெற்ற சிலிக்கேட்டுகள் உருகும் வெப்பநிலை 1,200° முதல் 2,500° வரை ஆகும் (படம் 20). உட்கருவின் எல்லை அருகே, உள்ளடுக்கின் கீழ்ப்பகுதியில், அது சிலிக்கேட்டுப் பொருள்கள் உருகும் வெப்பநிலைக்குஅனேகமாக 3,000° குறைவு. எனவே, இரண்டும் கிட்டத்தட்ட ஒரே வெப்பநிலையில் இருப்பினும் உட்கரு உருகுநிலையிலும் அதே சமயத்தில் உள்ளடுக்கின் கீழ்ப்பகுதி திட நிலையிலும் இருப்பது முற்றிலும் சாத்தியமே.

மூன்றாவதாக, லியூஸ்டிஹ் கணக்கிட்டிருப்பதுபோல, பூமியின் உட்பகுதிகளில் பாறை, இரும்பு இவற்றின் புவி ஈர்ப்பு மாற்றம் பொருள்களின் பெருத்த பசைத்தன்மை காரணமாக மிகமிக மெதுவாகவே நிகழ முடியும். தவிர

சிறு அளவு இரும்புச் சேர்க்கைகள் பொதுவாக ஓரிடத்தி லேயே நிலைத்திருக்கும். நூற்றுக் கணக்கான மீட்டர்கள் அல்லது சில கிலோமீட்டர்கள்கூடக் குறுக்களவு கொண்ட பிரம்மாண்டமான சேர்க்கைகள் மட்டுமே புதைய (''மூழ்க'') முடியும். ஆனால் பூமி சுருங்கி இறுகியபோது அதன் உட்பாகங்களில் இவ்வளவு பெரிய இரும்புப் பாளங்கள் இருந்தன என்று எண்ண ஆதாரம் எதுவும் இல்லை.

ஆங்கில வானியலாளர் கோல்ட் என்பவர் இந்த இடர்ப்பாட்டைக் கடப்பதற்கு முயன்றார். இரும்பு பாறைப் பொருளுக்கு முன்னால் உருகிவிட்டது என்றும் ஒன்றோடொன்று தொடர்புள்ள வாய்க்கால்கள், துளைகள் வழியாகப் பெருகி உட்கருவை அடைந்தது என்றும் அவர் அனுமானித்தார். எனினும் அண்மை ஆண்டுகளில் லேவி னும் மாயெவாவும் [S.V. Mayeva] கணக்கிட்டபடி பூமியின் ஆழ்ந்த உட்பாகங்களில் வெப்பநிலை சுமார் 3,000°, அதாவது உட்பாகங்களில் நிலவும் வளிமண்டல அழுத்தங் களில் இரும்பும் பாறைப் பொருளும் உருகுவதற்கான வெப்பநிலையைவிட மிகக் குறைவு (படம் 20).

நான்காவதாக, (வெடியதிர்ச்சிகளின் உதவியால்) சில பத்துலட்சம் வளிமண்டலங்களின் அழுத்தத்துக்கு இறுக்கப்பட்ட இரும்பு, இந்த நிலைமைகளில் தன் அடர்த்தி புவி உட்கருவின் எதார்த்த அடர்த்தியைக் காட்டிலும் சிறிது அதிகம் என்று காட்டியது. இரும்பு உட்கரு பற்றிய கருதுகோளின் ஆதரவாளர்கள் இந்த இடர்ப்பாட்டைக் கடக்கும் பொருட்டு அதிகப்படி அனுமானம் ஒன்றை இப் போது செய்கிறார்கள். உட்கருவில் சிலிக்கன் அல்லது மக்னீஷியம் இருப்பதாகவும் அது உட்கருவின் அடர்த்தி

யைக் குறைப்பதாகவும் இந்த அனுமானம் கருதுகிறது. ஆனல் இந்த அனுமானமே பூமிக்கும் விண்கற்களின் தாய்க் கோளுக்கும், புவி உட்கருப் பொருளுக்கும் இரும்பு விண் கற்களின் பொருளுக்கும் உள்ள ஒப்புமையைத் தகர்த்து விடுகிறது. புவி உட்கரு இரும்பால் ஆனது என்ற கருது கோளே வலுப்படுத்துவதில் மிக முக்கியப் பங்கு ஆற்றியது இந்த ஒப்புமைதான்.

இங்கே ஒரு கேள்வி தானுகவே எழுகிறது: உலோகத் தன்மை பெற்ற சிலிக்கேட்டுகள் பற்றிய கருதுகோள் இத்தனை சாதகங்கள் கொண்டிருந்தும் எல்லோராலும் அது ஏன் ஏற்கப்படவில்லை? இரும்பு உட்கரு பற்றிய கருது கோளேப் பெரும்பாலான விஞ்ஞானிகள் தொடர்ந்து மேற் கொண்டு வருவது ஏன்?

முக்கியக் காரணம் என்னவென்ருல், 14 லட்சம் வளி மண்டல அழுத்தத்தில் பாறைப் பொருள்கள் அடர்த்தி யுள்ள உலோக நிலைக்கு உண்மையாகவே மாறுகின்றன என்பதைக் காட்டும் சோதனை வகைப்பட்ட அல்லது தத்து வார்த்தமான சான்றுகள் எவையும் தற்போதைக்கு இல்லை என்பதுதான். இத்தகைய மாற்றம் கோட்பாட்டளவில் சாத்தியம் என்று ராம்ஸே காட்டினுர். அவருடைய தத்து வார்த்தக் கணக்கீடுகள் தற்போதைக்கு மிக மிக எளிய அணுக்களுக்கும் மூலக்கூறுகளுக்கும்மட்டுமே சாத்திய மானவை. நீரகத்துக்கான கணக்கீடுகள் 10—20 லட்சம் வளிமண்டல அழுத்தத்தில் மாற்றம் நிகழ்வதாகக் காட்டின (வெவ்வேறு ஆராய்ச்சியாளர்கள் ஒன்றுக்கொன்று சற்று வேறுபடும் முடிவுகளேப் பெற்ருர்கள்). மிக உறுதியான மின்னணு உறை கொண்ட ஹீலியத்தில் மாற்றம் 9 கோடி வளிமண்டலங்களின் பிரம்மாண்ட அழுத்தத்தில்தான்

ஏற்படுகிறது. இந்த மாற்றம் ஹீலியத்தின் உறை ஒரு வகையில் நசுக்கப்படுவதைக் குறிக்கிறது. லித்தியம் ஹைட்ரிடில் (LiH) 3 கோடி வளிமண்டல அழுத்தமே இதற்குப் போதுமானது.

ஆய்வுக்கூட நிலைமைகளில் பொருள்கள் சில லட்சம் வளிமண்டல அழுத்தம்வரைதான் நீடித்து உட்படுத்தப் பட முடியும். இத்தகைய அழுத்தங்களில் அடர்த்தி பாய்ச்சல் முறையில் அதிகரிப்பதும் அரைக்கடத்திகள் [semi-conductors] உலோக நிலைக்கு மாறுவதும் அவதானிக்கப்பட்டன. பத்து லட்சக் கணக்கான வளிமண்டலங்களின் அழுத்தம் வரை இறுக்கும் சோதனைகள் அதிர்ச்சி அலைகளின் உதவியாலேயே சாத்தியம். அப்போது இறுக்க நீடிப்பு மைக்ரோ ஸெகண்டால், அதாவது ஒரு விநாடியின் பத்து லட்சத்தில் ஒரு பங்கால் அளக்கப்படுகின்றது. சோவியத் விஞ்ஞானிகள் பாறைகளை 25 லட்சம் வளிமண்டல அழுத்தத்துக்கு உட்படுத்தினார்கள். அப்படியும் அவற்றின் பண்புகளில் பாய்ச்சல் வகை மாற்றம் எதுவும் காணப்படவில்லை. இந்தச் சோதனைகள் உலோகத் தன்மை பெற்ற சிலிக்கேட்டுகள் குறித்த கருதுகோளைப் பொய்ப்படுத்தி விட்டதாகப் பலர் கருதுகிறார்கள். இந்தச் சோதனைகள் நடந்தபிறகு இந்தக் கருதுகோள் தன் ஆதரவாளர்கள் பலரை இழந்துவிட்டது. ஆனாலும் இந்தச் சோதனைகளின் முடிவுகள் பாதகமாயிருந்தது மேற்கண்ட கருதுகோளைப் பொய்ப்படுத்தி விடவில்லை. அதிர்ச்சி அழுத்தத்தின் போதும் நீடித்த (நிலைத்த) அழுத்தத்தின்போது போலவே நடந்து கொள்ளும் ''படிந்து போகும்'' பொருள்களோடு கூடவே ''மந்தப்போக்குள்ள'' பொருள்களும் உள்ளன, அதிர்ச்சி அலை கடந்து செல்வதற்குள் தங்கள் அமைப்பை

மாற்றிக் கொள்ள இவற்றுக்கு முடிவதில்லை என்பது தெரிந்ததே. இத்தகைய பொருள்கள் அதிர்ச்சி அழுத்தத்தில் வேறு நிலைக்கு மாறுவதற்கு நிலைத்த அழுத்தத்தைவிடச் சில மடங்கு அதிக அழுத்தத்துக்கு உட்படுத்தப்படுவது அவசியம் ஆகிறது. இத்தகைய ''மந்தப்போக்குள்ள'' பொருளுக்கு உதாரணமாக கிராபைட்டைக் குறிக்கலாம். மிக நீடித்த கால அழுத்தத்தில் அது வைரமாக மாறுவது 20,000 வளிமண்டல அழுத்தத்தில் நிகழ்கிறது. ஆய்வுக் கூட நிலைமைகளில் சில நிமிடங்கள் நீடிக்கும் அழுத்தத்தில் இந்த மாற்றம் ஏற்படுவதற்கு லட்சக் கணக்கான வளி மண்டலங்களின் அழுத்தம் தேவைப்படுகிறது. அதிர்ச்சி யால் தோன்றும் அழுத்தத்திலே இம்மாற்றம் ஏற்படுவதற் குப் பத்து லட்சக் கணக்கான வளிமண்டலங்களின் அழுத் தம் தேவைப்படுகிறது. பாறைப் பொருள்கள் ''மந்தப் போக்குள்ள'' வகையைச் சேர்ந்தவை என்று நினைக்க வேண்டும். புவி உட்கரு உலோகத் தன்மை பெற்ற சிலிக் கேட்டுகளால் ஆனது என்பதற்குச் சாதகமான விண்கோ ளியல், புவிபௌதிகவியல் வாதங்கள் மிக மிக நம்பிக்கை ஊட்டுபவை ஆதலால் இந்நூலாசிரியர் முன்போலவே இந்தக் கருதுகோளை ஆதரிக்கிறார்.

உலோகத் தன்மை பெற்ற சிலிக்கேட்டுகளால் உட்கரு உருவானது பூமி பருத்து வளர்ந்த கட்டத்திலேயே நிகழ்ந் திருக்க வேண்டும். பருத்து வளரும் பூமியின் நிறை தற் போதைய நிறையில் 0.8 பங்கை எட்டியதும் மையத்தில் அழுத்தம் 14,00,000 வளிமண்டலங்களை எட்டிவிட்டது, அதாவது புவிப் பொருள் எந்தக் கட்டத்தில் அடர்த்தி நிலைக்கு மாறுகிறதோ அந்தக் கட்டத்தை அடைந்துவிட் டது. இந்த மாற்றத்தின்போது பொருளின் பரிமாணம்

1.5 மடங்குக்கும் மேல் சுருங்கிற்று. எனவே, உட்கரு உருவானது பெரு விபத்தாக நடந்தேறியது. புவி மையத்தில் உள்ள பொருள் அடர்த்தி நிலையை அடைந்து அதன் பரிமாணம் சுருங்கியதும் வெளி அடுக்குகள் லேசாகக் கீழே அதுங்கி, பூமியின் மையத்துக்கு அருகே போய்ச் சேர்ந்தன. இதன் விளைவாக அவற்றின் எடை அதிகரித்தது, அதற்கு ஏற்ப பூமியின் உட்பகுதி மேல் அவை செலுத்திய அழுத்தமும் அதிகரித்தது. புவிப் பொருளின் புதிய பகுதி 14 லட்சம் வளிமண்டலங்களுக்கும் கூடுதலான அழுத்தத்துக்கு உள்ளாயிற்று. அதுவும் அடர்ந்த உலோக நிலைக்கு மாறிவிட்டது. இதன் விளைவாக வெளி அடுக்குகள் மேலும் தாழ்ந்தன, அழுத்தம் மேலும் அதிகரித்தது, பொருளின் அடுத்த பகுதிகள் மாற்றத்துக்கு உள்ளாயின. உட்கருவின் விட்டம் பூமியின் விட்டத்துக்கு ஏறத்தாழ மூன்றில் ஒரு பங்கு ஆனபோதுதான் உட்கரு உரு ஆவது நின்றது. இதற்குள் புவி மேற்பரப்பு 100 கிலோமீட்டர் வரை தாழ்ந்துவிட்டது. சரியாகச் சொன்னால் அது தாழவில்லை, 100 கிலோமீட்டர் கீழே சரிந்தது. ஏனெனில் ராம்ஸேயின் கணக்குப்படி இந்த நிகழ்ச்சிப் போக்குக்கு ஒரு மணி நேரந்தான் பிடித்தது. ஆனால் இது வெறும் சரிதல்கூட அல்ல, உள், வெளி அடுக்குகளின் தகர்வுதான். ஏனெனில் இதனால் அவற்றில் ஒவ்வொன்றின் பரப்பும் சுருங்கவேண்டியிருந்தது. ஆகவே புவி உட்கரு உருவானபோது ராட்சத நில நடுக்கங்கள் ஏற்பட்டன. இவை மிக வன்மையான தற்போதைய பூகம்பங்களைவிடப் பத்து லட்சக் கணக்கான மடங்கு அதிக வன்மை கொண்டவை. மிகவும் சீரற்ற மதிப்பீட்டின்படி இந்த நில நடுக்கங்களின் ஆற்றல் 10^{36} மின் அலகுகள் [erg] ஆக இருந்தது. வேறு

வார்த்தைகளில் சொன்னால் புவிக்கோள் 30,000 ஆண்டுக் காலம் சூரியனிடமிருந்து பெறும் மொத்த வெப்ப ஆற்றலுக்கு ஈடாக இருந்தது அது. இந்த ஆற்றல் மிகப் பிரம்மாண்டமானதுதான், எனினும் புவிக்கோளின் பரிமாணம் முழுவதற்கும் வினியோகிக்கப்பட்டபின் பூமியின் வெப்ப நிலையை இது 15° மட்டுமே உயர்த்தியது. சீரற்ற இந்த மதிப்பீடு குறைவானதாக இருக்கலாம். உண்மையில் வெளியிடப்பட்ட ஆற்றலும் அதனால் உண்டாக்கப்பட்ட சூடும் பல மடங்கு அதிகமாய் இருக்கலாம்.

மேலே நாம் விவரித்த நிகழ்ச்சிப்போக்கு நாம் ஏற்கனவே கூறியதுபோல, பருத்து வளரும் பூமியின் நிறை அதன் தற்போதைய நிறைக்கு 0.8 பங்கு ஆனபோது நடந்திருக்க வேண்டும். பல்வேறு அளவுகளிலும் கோளங்களும் துகள்களும் மேற்கொண்டு பூமியின்மேல் விழுந்ததால் அதன் நிறை தற்போதைய அளவுக்கு வந்தது. அதே சமயம் அதன் உட்பாகங்களில் அழுத்தமும் அதிகரித்தது. இதன் விளைவாக உலோகத் தன்மை பெற்ற சிலிக்கேட்டு உட்கரு அளவில் மேலும் பெரிதாயிற்று. இப்போது அதன் விட்டம் பூமியின் விட்டத்தில் 0.55 பங்கு ஆகும்.

பூமி திரண்டு உருவானதற்கு ஏறத்தாழ 20 கோடி ஆண்டுகள் ஆயின. தொடக்கத்தில் கோளங்களும் துகள்களும் மிகுதியாக இருந்தபோது இது விரைவாக நடந்தது. பின்பு படிப்படியாக வேகம் குறைந்தது. அதனால்தான் உட்கரு உருவாவதற்கு, அதாவது தற்போதைய நிறையில் 0.8 பங்கு நிறையை பூமி அடைவதற்கு ஏறத்தாழப் 10 கோடி ஆண்டு ஆயிற்று. தொடர்ந்து பருத்து வளர்ந்து தற்போதைய நிறையை அடைய மேலும் 10 கோடி

ஆண்டு ஆயிற்று. உலோகத் தன்மை பெற்ற சிலிக்கேட்டுக ளால் ஆன புவி உட்கரு பற்றிய கருதுகோள், பூமி நடை முறையில் முழு அளவுக்கு பருத்து வளரும் முன்பே தன் உட்பாகத்தில் அடர்த்தி மிக்க உட்கருவைக் கொண்டிருந் தது என்ற முடிவுக்கு நம்மை இட்டுவருகிறது.

* * *

புவிக்கோளின் வெளி அடுக்கு, அதாவது புவி மே லோடு உரு ஆவது தற்போதைய விவரங்களின்படி மிகப் பிற்பட்ட காலத்தில்தான் தொடங்கியது.

சூடேறிய வாயுக்களால் உருவான பூமி மிக விரைவில் ஆறிவிட்டது என்றும் குறுகிய நெருப்பு-திரவக் கட்டத் தைக் கடந்தபின் திடமான மேலோட்டால் மூடப்பட்டது என்றும் முன்னர் கருதப்பட்டு வந்தது. பூமியின் உட் பாகங்கள் மேலும் குளிர்ந்ததும் அவற்றின் அளவு குறைந் தது. சுருங்கும் உட்பாகங்களைத் தொடர்ந்து தாழ்ந்த புவி மேலோடு மடிப்புக்களாகச் சுருங்கியது. இந்த மடிப்புக் கள் மலைத் தொடர்களின் வடிவில் மேற்பரப்பில் துருத்தி நின்றன. சுருங்குதல் கருதுகோள் இதுவே. சென்ற நூற் ருண்டின் முப்பதுக்களில் இது தோன்றியது. மலை உருவா குதல் பற்றிய தலையாய கருதுகோளாக இது நெடுங்காலம் இருந்து வந்தது. ஆனுல் புவியியலாளர் புவி மேலோட்டை இன்னும் நன்ருக ஆராய்ந்ததும், மலைப் பிரதேசங்களில் ஏற்றங்களும் இறக்கங்களும் ஒன்றைத் தொடர்ந்து ஒன் ருகச் சிக்கலான முறையில் நிகழ்வதை உணர்ந்தறிந்தார் கள். சுருங்குதல் கருதுகோளால் இதை விளக்க முடியாது என அவர்கள் கண்டார்கள். ஆயினும் ஒரு சில புவியியல்

அறிஞர்கள் சமீபக் காலம் வரை இந்தக் கருதுகோளையே மேற்கொண்டு வந்தார்கள்.

பூமி உருவானதைப் பற்றிய புதிய தத்துவம், பூமி தன் வளர்ச்சியின் போது ஆறவில்லை, சூடேறவே செய்தது என்று விளக்குகிறது. புவி மேலோடு உருவானது பற்றி வேறொரு சித்திரத்தை இது தருகிறது.

சுமார் 300 கோடி ஆண்டுகளுக்குமுன் பூமியில் 500 முதல் 1,000 கிலோமீட்டர் வரை ஆழத்தில் வெப்பநிலை கிட்டத்தட்ட 1,500° ஆகிவிட்டது. புவிப் பொருளின் மிக எளிதில் உருகும் பகுதிகள் உருகத் தொடங்கின. அதிக எளிதில் உருகும் பொருள்கள் பெரும்பாலும் லேசானவையும் ஆகும். எனவே அவை மேற்பரப்பின் மேல் பிதுங்கி வழிந்து படிப்படியாகப் புவி மேலோடாக, அதாவது புவிக்கோளத்தின் வெளி அடுக்காக உருவாயின. இது நீடித்த நிகழ்ச்சிப்போக்கு. புவிக் கோளத்தின் வெவ்வேறு பகுதிகளில் இது வெவ்வேறு விதமாக நடந்தது. அதனுல் தான் நிலப்பரப்புக்களாக உள்ள தடித்த மேலோடு கொண்ட பகுதிகளும் மாகடல் பள்ளங்களாக விளங்கும் மெல்லிய மேலோடு கொண்ட பகுதிகளும் உருவாயின. மேலோடு தனது பாறை இயைபிலும் அடர்த்தியிலும் புவி உள்ளடுக்கின் விரிப்புப் பொருளிலிருந்து வேறுபடுகிறது. புவி மேலோட்டின் அடர்த்தி 2.7—2.8 கிராம்/கனசென்டிமீட்டர் ஆகும். புவி உள்ளடுக்கின் மேற்பகுதியோ, சுமார் 3.3—3.5 கிராம்/கனசென்டிமீட்டர் அடர்த்தி உள்ள பொருளால் ஆனது.

பூமியின் உட்பாகங்கள் இரசாயன அடுக்குகளாக அமையும் நிகழ்ச்சிப்போக்கு இப்போதுதான் தொடங்கியிருக்கிறது என்று சொல்லலாம். நமது கால்களுக்கு

அடியில் இப்போதும் இது நடந்து கொண்டிருக்கிறது. 300 கோடி ஆண்டுகளில் தற்போதைய புவி மேலோடு உருவாவதற்கு, ஓர் ஆண்டில் சராசரி 1—2 கனகிலோ மீட்டர் மேலோட்டுப் பொருள் உட்பாகங்களிலிருந்து மேற்பரப்புக்குப் பொங்கி வந்திருக்க வேண்டும். எரிமலை ஆராய்ச்சியாளர்களின் மதிப்பீட்டின்படி புவி உள்ளடுக்கிலிருந்து மேலோட்டுக்கு இதே அளவு உருகிய கற்குழம்பு ஒவ்வோர் ஆண்டும் வருகிறது. இந்தக் கற்குழம்பின் ஒரு பகுதி புவி மேலோட்டுக்குள் சிக்கி ஆறிப் போகிறது. மறு பகுதி மேலோட்டை ஊடறுத்துக் கொண்டு எரிமலைக் கக்கல்களின் போது லாவாவின் வடிவில் வெளியே பெருகுகிறது. கற்குழம்பு இவ்வாறு புகுவதும் எரிமலைக் கக்கல்களுமே புவி மேலோடு அமைவதற்கான நிகழ்ச்சிப்போக்காக விளங்குகின்றன.

புவிப் பாறைகளின் இயைபை ஆய்வுக்கூடங்களில் ஆராயும்போது நாம் புவி மேலோட்டிலிருந்து எடுக்கப் பட்ட மாதிரிகளையே பரிசீலிக்கிறோம். மேலோட்டுப் பொருளும் உள்ளடுக்கின் பொருள் போலவே பாறைப் பாங்கானது எனினும் மேலோடு உருகிய நிகழ்முறை அதன் இயைபில் சாராம்சமான மாறுதல்களை விளைவித்தது. இவற்றைக் கணக்கில் எடுத்துக் கொள்வது கடினம். எனவேதான் புவி உள்ளடுக்கின் இயைபை, இன்னும் முக்கியமாக பூமி அனைத்தினதும் இயைபை ஆராய்ந்து அறிவதற்கு விண்கற்களின் இயைபு பற்றிய விவரங்களைப் பயன்படுத்த வேண்டியிருக்கிறது. பூமியும் விண்கற்களும் ஆதிமூலக் கிரகப் படலத்தின் உட்புற மண்டலத்தைச் சேர்ந்த எளிதில் உருகாத பொருளால் உருவாகியுள்ளன. பூமியிலிருந்தும் விண்கற்களிலிருந்தும் எடுக்கப்பட்ட அனேகத்

தனிமங்களின் தமனி இயைபு ஒன்ருயிருப்பது ஆதிமூலக் கிரகப் படலப் பொருள் நன்ருக விரவிக் கலந்திருந்தது என்பதைக் காட்டுகிறது. அதே சமயம், விண்கற்பொருள் நுண்கிரகத் தாய்க் கோள்களின் உட்பாகங்களில் உட்படுத்தப்பட்ட இரசாயனப் பாகுபாட்டு நிகழ்ச்சிப்போக்குகள், புவி மேலோட்டுப் பொருள் உள்ளான நிகழ்ச்சிப் போக்குகளைக் காட்டிலும் கணிசமான அளவு பலவீனமானவை. எனவேதான் விண்கற்களின் சராசரி இயைபு அல்லது வெகுவாகப் பரவிய வகை விண்கற்களான கோண்டிரைட்டுகளின் இயைபு மொத்தத்தில் பூமியின் இயைபுக்குக் கிட்டத்தட்ட நிகரானது எனக் கருதப்பட்டது. விண்கற் பொருளின் பரிணும வளர்ச்சி பற்றிய தற்போதைய அறிவு கரிமக் கோண்டிரைட்டுகள் பூமியின் சராசரி இயைபுக்கு யாவற்றிலும் சிறந்த மாதிரிகளாகப் பயன் படக்கூடும் என்று எண்ணத் தூண்டுகிறது. (கரிமக் கோண்டிரைட்டுகளில் எல்லா இரும்பும் உயிரகையாக்கப்பட்ட நிலையில் இருப்பதால், இந்தக் கருத்துக்கள் புவி உட்கரு உலோகத் தன்மை பெற்ற சிலிக்கேட்டுகளால் ஆனது என்ற கருதுகோளுக்குச் சாதகமாக அதிகப்படி வாதங்களாக விளங்குகின்றன.)

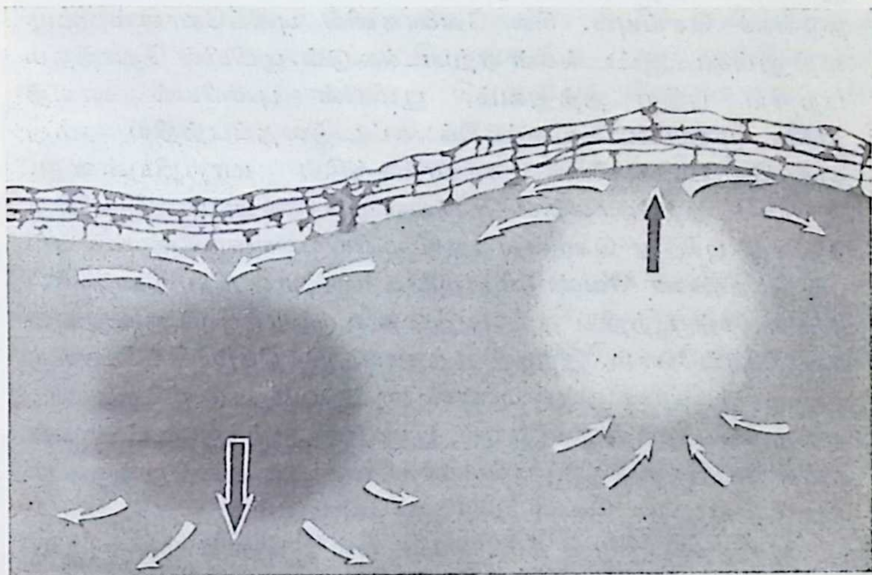
புவி-இரசாயனவியலாரான கோல்ட்ஷ்மித்தும் [Gold-smidt] இதர விஞ்ஞானிகளும் பூமியின் மேலோட்டுப் பொருளை விண்கற்களின் பொருளிலிருந்து உருக்குவதன் மூலம் பெறலாம் என்று பல காலத்துக்கு முன்பே காட்டினர். பேரவை விஞ்ஞானி விஞெகிராதோவ் [Vinogradov], பொடியாகிவிட்ட விண்கல் ஒன்றை பகுதியளவுக்கு உருகச் செய்து அண்மையில் நடத்திய பரிசோதனையின் மூலம் இதே முடிவை உறுதிப்படுத்தினர். சில ஆண்டு

களுக்கு முன்பு கனேடிய புவி-பௌதிகவியலாளர் வில்சன் [Wilson] புவியியல் புள்ளிவிவரங்களைக் கொண்டு, பூமியின் மேலோடு படிப்படியாக உருவானது என்ற முடிவுக்கு வந்தார். கண்டங்கள் படிப்படியாக வளர்ந்து பெருக்கம் அடைவதைக் காட்டிய பாறைகளின் வயதை அளவிட்டுக் கணக்கிட்டதன் மூலம் இம்முடிவு உறுதிப்படுத்தப்பட்டிருக்கிறது.

புவி மேலோட்டுப் பொருள் புவி உள்ளடுக்கின் சுமார் 1,000 கிலோமீட்டர் பருமனுள்ள மேற்பகுதியிலிருந்து மட்டுமே உருகி வெளிப்பட்டது. இந்தப் பகுதியில் மட்டும வெப்பநிலை புவிப் பொருள் உருகுவதற்கேற்ற வெப்பநிலையை நெருங்கியதே இதற்குக் காரணம். உள்ளடுக்கின் இன்னும் ஆழப்பகுதிகளில் உருகு வெப்பநிலை (மேலும் அதிக அழுத்தம் காரணமாக) அதிகம். எனவே எளிதில் உருகும் பொருள்கள் உருகி வெளிவருவது அங்கே நிகழ்ந்திருக்க முடியாது. புவி மேலோடு உரு ஆவது இன்னும் தொடர்ந்து நிகழ்ந்து கொண்டிருக்கிறது என்பது சுமார் 1,000 கிலோமீட்டர் ஆழத்தில் பொருள் சூடேறிய நிலையில் இருப்பதைக் காட்டும் அடையாளமாகக் கருதப்படலாம். இந்தச் சூடேறிய நிலை காரணமாக புவி உள்ளடுக்கின் ஆழ்ந்த அடுக்குகள் எல்லாம் மேலோட்டுப் பொருளை உருக்கும் நிகழ்ச்சிப்போக்கில் ஈடுபடுத்தப் படுகின்றன.

பூமியின் உட்பாகத்தினது பெருத்த பிசுப்பு சிறு சேர்க்கைகள், சுற்றும் உள்ள பொருள்களிலிருந்து அடர்த்தியில் முற்றிலும் வேறுபடும் பொருள்கள்கூட (உதாரணமாக, பாறைப் பொருளுக்கு நடுவே இரும்புச் சேர்க்கைகள்), அமிழ்வதைத் தடை செய்கிறது. எனினும் நூற்றுக்கணக்

கான கிலோமீட்டர் குறுக்களவு கொண்ட மிகப் பெரிய பிரதேசங்கள் புவி ஈர்ப்பு சக்தியின் பாதிப்பினுல் மெது வாக இடம் பெயர்வதைத் தடை செய்ய அது வல்லது அல்ல. இத்தகைய அளவுகளில் அடர்த்தியின் மிகச் சிறு—0.1கிராம்/கனசென்டிமீட்டருக்கும் குறைந்த—வேறுபாடே போதுமானது. அதிகக் கனமான பகுதிகள் அமிழ்ந்து கீழே செல்லும், லேசான பகுதிகள் வெளியே மிதந்து வரும் (படம் 21).



படம் 21. பூமியினுடைய அடியாழங்களின் கனமான பகுதிகள் கீழே அழுந்திச் செல்வதையும் லேசான பகுதிகள் மேலே உயர்வதையும் காட்டும் படம்

பூமியின் உட்பகுதிகளில் பொருளின் இடமாற்றங்கள் புவி மேலோட்டின் பெரிய பிரதேசங்கள் மேல் எழுவது, தாழ்வது, இவற்றின் மூலம் வெளியே தோற்றம் அளிக்கின்றன. பூகம்பங்களின் வாயிலாகவும் அவை வெளிப்படுகின்றன. பொருளின் இடப்பெயர்ப்புகள் காரணமாகச் சேமிக்கப்பட்ட மிகப் பெரிய இறுக்கங்கள் சக்திமிக்க தாக்கு அதிர்ச்சிகளின் வடிவில் தளர்த்தப்படும்போது நிகழ்கின்றன பூகம்பங்கள். இந்தத் தாக்கு அதிர்ச்சிகள் பூமியின் மேற்பரப்பினது தனித் தனிப் பிரதேசங்களை நடுங்கச் செய்யும். சில வேளைகளில் புவிக்கோளம் முழுவதிலும்கூடஆட்டங்கள் ஏற்படக்கூடும். பூமியின் தோற்றம் பற்றிய புதிய தத்துவம், பூமியின் புவியியல் காலத்துக்கு முற்பட்ட வளர்ச்சிக் கட்டத்தைப்பற்றிய நமது கருத்தோட்டங்களைச் சாராம்சத்தில் மாற்றியுள்ளது. பூமியின் தற்போதைய உருவமைப்பு எப்படி இருக்கிறதென்று புரிந்து கொள்ள அது புவியியலாளருக்கு உதவும் என்று எண்ண வேண்டும். மலைகள் தோன்றிய நிகழ்ச்சிப் போக்குகள் பற்றிய தத்துவத்தை உருவாக்க இது உதவும் என நினைப்போம். இந்தத் தத்துவம் இந்நிகழ்ச்சிப்போக்குகளின் சிக்கலான தன்மையைக் காட்டுவதோடு நில்லாமல், அவற்றின் காரணங்களையும் பூமியின் ஆழ்ந்த உட்பாகங்களில் பொருளின் இடப்பெயர்ச்சிகளுடன் அவற்றுக்குள்ள தொடர்பையும் வெளிப்படுத்த வேண்டும்.

வளிமண்டலமும் நீர்மண்டலமும்* தோன்றியது பூமி

---

*பூமியின் மேற்பரப்பில் உள்ள நீர்நிலைகள் அனைத்தும் சேர்ந்த தொகுப்பை விஞ்ஞானிகள் நீர்மண்டலம் என அழைக்கிறார்கள். கடல்கள், மாகடல்கள், ஆறுகள்,

சூடடைந்ததுடன் தொடர்பு உள்ளது போலும். பூமி எந்தத் திடத் துகள்கள், கோளங்களால் உருவாயிற்ருே அவற்ருேடு கூடவே நீரும் வாயுக்களும் பூமியை அடைந்தன. பௌமியக் கிரகங்களின் மண்டலத்தில் துகள்களின் வெப்பநிலை மிக உயர்ந்தது ஆதலால் வாயுக்கள் உறைய முடிந்திராது. ஆனுல் இந்த நிலைமைகளில் வாயு மூலக் கூறுகள் துகள்களின் மேற்பரப்புக்களில் ஏராளமாக ''ஒட்டிக்கொண்டன''. இந்தத் துகள்களோடுகூடவே அவை மேலும் பெரிய கோளங்களின் இயைபிலும் பிறகு பூமியின் இயைபிலும் சேர்ந்தன. தவிர, ஷ்மித் குறிப்பிட்டது போல, பிரம்மாண்டக் கிரகங்களின் மண்டலத்திலிருந்து பனிக்கட்டிக் கோளங்கள் பௌமியக் கிரகங்களின் மண்டலத்துக்குப் பறந்து வந்திருக்க வேண்டும்.* சூடேறி வாயுவாக முடியாமல் அவை பூமியின்மேல் விழுந்து அதற்கு நீரும் வாயுக்களும் அளித்திருக்கலாம்.

சூடேற்றுவது, திடப்பொருளில் உள்ள வாயுக்களை வெளியேற்றுவதற்குச் சிறந்த முறையாக விளங்குகிறது. எனவே பூமி சூடேறியதும் புவி மேலோட்டுப் பொருள்களில் சிறு அளவில் அடங்கியிருந்த வாயுக்களும்

ஏரிகள், கிரீன்லாந்திலும் அன்டார்க்டிக்காவிலும் உள்ள பனிக்கட்டிப் பிரதேசங்கள், மலைகளின் வெண்பனி முடிகள், தரைக்கு அடி நீர்ப் படிவுகள் ஆகிய இவற்றிலுள்ள நீர் முழுவதும் இதில் அடங்கும்.

* வால்நட்சத்திரங்கள் சூரியனை நெருங்குவதன் வடிவில் இதுபோன்ற நிகழ்முறை தற்போதும் தொடர்ந்து நடக்கிறது. மேலே விவரிக்கப்பட்டுள்ளதுபோல இவை ''பனிக்கட்டி'' உட்கருக்கள் கொண்டவை. பூமியுடனும் பிற கிரகங்களுடனும் சந்திரனுடனும் வால்நட்சத்திரங்கள் மோதுவது அவ்வப்போது நிகழ வேண்டும்.

நீராவியும் வெளிப்பட்டன. மேற்பரப்புக்கு ஊடறுத்து வந்ததும் நீராவியானது. கடல்கள், மாகடல்களின் நீராகியது. வாயுக்கள் வளிமண்டலமாக உருவாயின. இதன் தொடக்ககால இயைபு அதன் தற்கால இயைபிலிருந்து பெருமளவு வேருயிருந்தது. பூமியின் வளிமண்டலத்தினது தற்போதைய இயைபு பூமியின் மேற்பரப்பில் தாவர, விலங்கு உயிர் வாழ்க்கை நிலவுவதனுல் கணிசமான அளவு முறைப்படுத்தப்பட்டுள்ளது.

பூமியின் உட்பாகங்களிலிருந்து வாயுக்களும் நீராவியும் வெளிவருவது இன்றளவும் நிகழ்ந்த வண்ணமாயிருக்கிறது.எரிமலைக் கக்கல்களின் போது நீராவியும் கரியமில வாயுவும் பெரும் அளவில் வளிமண்டலத்தில் எறியப்படுகின்றன. பூமியின் பல்வேறு இடங்களில் அதன் உட்பாகத்திலிருந்து எரிவாயு வெளிக்கொணரப்படுகிறது.

* * *

பூமி உருவானது பற்றிய இந்தப் புதிய தத்துவம், பூமியில் உயிரினங்கள் தோன்றியது பற்றி பேரவை விஞ்ஞானி ஒப்பாரின் [Oparin] எடுத்துரைத்த தத்துவத்தை எவ்வாறு பாதித்துள்ளது என்பது சுவையானதொன்ருகும். ஒப்பாரினது தத்துவத்தின்படி பூமியின் மேற்பரப்பு நீரில் கரைந்திருந்த எளிய இயைபுடைய கரிமச் சேர்மங்கள் [organic compounds]—மீதேன், பார்மால்டிஹைடு போன்றவை—சிக்கலான இயைபுடையச் சேர்மங்களாகப் படிப்படியாய் வளர்ந்த நிகழ்ச்சிப்போக்கின் மூலம் உயிரினங்கள் தோன்றின. பூமி உருவானது குறித்து அக்காலத்தில் நிலவி வந்த கருத்திலிருந்து ஒப்பாரின் தமது தத்துவத்தை வகுத்துக்கொண்டார். அதாவது, பூமியானது சூடேறிய

வாயுக்களிலிருந்து தோன்றியது, ''நெருப்பு-திரவ'' நிலையைக் கடந்து கெட்டியாகித் திடப் பொருள்களாயின என்பது அக்காலத்து கருத்து. சூடேறிய வாயுத் திரட்சிக் கட்டத்தில் மீதேன் இருந்திருக்க முடியாது. மீதேன் உருவான முறையை எடுத்துரைக்கையில் ஒப்பாரின், வெப்பமான நீராவி, உலோகக் கரிமச் சேர்மங்களான கரியகைகளுடன் [carbides] சேர்ந்து கிரியை புரிந்ததால் தோன்றியது என்று கருதினர். இந்த மீதேனும் நீராவியும் பூமியில் உள்ள வெடிப்புகள் வழியாக மேற்பரப்புக்கு வந்தன என்றும், இவ்விதமாக மீதேன் நீரில் கரைந்து கரைசலாக பூமியின் மேற்பரப்பில் தோன்றிற்று என்றும் அவர் கொண்டார். மீதேன் உருவாதல் மட்டும்தான் மிக அதிக வெப்பநிலையில் நடந்தேறியது என்றும், மேற்கொண்டு உயிரினத்தின் தோற்றம் வரையுள்ள நிகழ்ச்சிப்போக்கு ஏற்கெனவே நீரிலேயே சுமார் 100° சென்டிகிரேடுக்குக் குறைவான வெப்பநிலையில் நடைபெற்றது என்றும் கருதப் பட்டதென்பதை மனதிற்கொள்ள வேண்டும்.

ஷ்மித்தின் தத்துவத்தின்படி, ஆதியிலிருந்தே பூமியின் இயைபில் வாயுக்களும், நீராவியும் சிறுசிறு அளவுகளில் நிலவி வந்தன. எனவே நமது புவிக்கோளின் வளர்ச்சியின் ஆரம்பக் கட்டங்களிலேயே அதன் மேற்பரப்பில் நீர் தோன்றியிருக்கக் கூடும். ஆதியிலிருந்தே இந்நீரில் மிக எளிய இயைபுடைய நீரகக்கரிமச் [hydrocarbons] சேர்மங்களும் ஏனையச் சேர்மங்களும் கரைந்திருந்தன. இவ்வாறு இந்தப் புதிய விண்கோளியல் தத்துவம், பூமியில் ஆதியிலிருந்தே உயிர் தோன்றுவதற்கு அவசியமாகுமென ஒப்பாரின் வரையறுத்த நிலைமைகள் இருந்தன என்று கொள்கிறது.

8. பூமியின் வயது

பைபிளில் கூறப்பட்டுள்ள பூமியின் வயதை மறுப்பதற்கு முதன்முதலில் 18ஆம் நூற்ருண்டில் பிரெஞ்சு நாட்டு இயற்கை விஞ்ஞானி புபோன் என்பவர் முயற்சி செய்தார். அவர் நமது கிரகம் சூடேறிய சூரியப் பொருளாலான திரட்சியிலிருந்து உருவாயிற்று என்ற கருத்தைத் தமக்கு அடிப்படையாகக் கொண்டார். அவர் பழுக்கப் பழுக்க சூடேறிய தேனிரும்பு உருண்டைகள் குளிர்ச்சியடைவதை ஆராய்ந்து பூமியின் வயது கிட்டத்தட்ட 70,000 ஆண்டுகள்தான் இருக்கும் என்ற முடிவிற்கு வந்தார்.

19ஆம் நூற்ருண்டில்தான் புவியியலாளர்கள் பூமியின் வயதை மேலும் கருராய்க் கணிப்பதற்கான சரியான வழியைக் கண்டுபிடித்தனர். மாகடல்களிலும் கடல்களிலும் அடியாழத்தில் வண்டல் படியும் வேகத்தை ஆராய்ந்து, படிந்து உருவான பாறைகளின் அடுக்குகளுடைய பருமனைக் கொண்டு, தனித்தனிப் புவியியல் சகாப்தங்களது கால அளவை நாம் மதிப்பிடலாம். கடல்களுக்கும் மாகடல்களுக்கும் ஆறுகளினுல் சொற்ப அளவுகளில் கொண்டு செல்லப்படும் உப்புகளின் அளவைக் கணக்கிடுவதன் மூலம், தற்பொழுது கடலில் உள்ள உப்பு அனைத்தும் ஒன்று சேர்வதற்கு எவ்வளவு காலம் பிடித்திருக்கும் என்பதை நிர்ணயிக்கலாம். புவியியலாளர்கள் இம்முறைகள் மூலமாய், கடைசியாக வந்த புவியியல் ஊழிகள் கோடி, பத்துக் கோடி ஆண்டுகள் கொண்டதாயிருக்கும் என்றும், எனவே பூமியின் முழு வயதும் இதைவிடப் பல மடங்கு அதிகமாக இருக்க வேண்டும் என்றும் நிலைநாட்டியுள்ளனர்.

ஆனல் வண்டல் படியும் வேகம் பல காரணங்களைப் பொறுத்ததாகும். மிகவும் புராதனப் புவியியல் ஊழிகள் சம்பந்தமாய் இவற்றைக் கணக்கிடுவது சாத்தியமல்ல. எனவே பூமியின் வயதைத் தீர்மானிக்க மேலே கூறிய முறைகள், புராதன ஊழிகளுக்குரிய பாறைகள் குறித்து சரியான முடிவுகளைத் தருவதில்லை.

20ஆம் நூற்றுண்டில்தான், கதிரியக்கத் தனிமங்களும் அவற்றின் சிதைவும் கண்டுபிடிக்கப்பட்டதைத் தொடர்ந்து, பல்வேறு புவியியல் படிவங்களின் வயதை நிர்ணயிப்பதானது நம்பகமான அடிப்படையில் அமையலாயிற்று. அண்மை ஆண்டுகளில் ஒரு புறம் தத்துவார்த்தப் பௌதிகவியலும் மறுபுறம் விண்கோளியலும் கண்ட சாதனைகளின் விளைவாய் பூமியின் வயதை நிர்ணயிக்கும் ஆராய்ச்சியில் முன்னேற்றம் ஏற்படலாயிற்று.

கதிரியக்கத் தனிமங்களின் (யுரேனியம், தோரியம், பொட்டாசியம் முதலானவை) சிதைவு, காலத்தை அளப்பதற்கான மார்க்கமாய் அமைகிறது, ஏனெனில் இச்சிதைவு எல்லா இடங்களிலும் அனேகமாய் ஒரே நிலையான வேகத்தில் நிகழ்கிறது. நமது ஆராய்ச்சிக்கூடங்களில் உண்டாக்கப்படும் மிக உயர்ந்த வெப்பநிலைகளும் அழுத்தங்களும் மட்டுமல்லாமல், பூமியின் ஆழ்மட்டங்களில் நிலவும் வெப்பநிலைகளும் அழுத்தங்களும்கூட இச்சிதைவின் வேகத்தை அதிகமாகப் பாதிப்பதில்லை.

இயற்கை நிலைமைகளில், கதிரியக்கத் தனிமங்கள் பூமியில் எங்கிருந்தாலும் சரி, ஒரு ஆண்டுக் காலத்தில் அவற்றில் சிதையும் அணுக்களின் விகிதம் ஒன்ருகவே இருக்கும். யுரேனியம், தோரியம், பொட்டாசியம் இவற்றின் சிதைவு மிக மெதுவாக நிகழ்கிறது. பத்துக் கோடி,

ஏன் நூறு கோடி ஆண்டுகளிலுங்கூட இவற்றின் அணுக்களில் பாதிதான் சிதையும். எனவேதான் இத்தனிமங்கள் பூமி உருவான போது மிகச் சிறு அளவே இருந்தன என்ருலுங்கூட, இன்னமும் மறைந்துவிடாது இருக்கின்றன.

எந்த ஒரு கனிமத்திலும், கதிரியக்க அணுக்களின் எண்ணிக்கையையும், அவற்றின் சிதைவால் தோன்றியவையான அணுக்களின் எண்ணிக்கையையும் கணக்கிடுவதன் மூலமாகவும், மேலும் அவற்றின் சிதைவு வேகத்தையும் கணக்கிலெடுத்துக் கொள்வதன் மூலமாகவும், சிதைவுற்ற பொருள்களின் சேகாரக் காலத்தை நாம் எளிதில் கணக்கிட்டுவிடலாம்; அதாவது இந்தக் கனிமத்தின் வயதை நிர்ணயித்துவிடலாம்.

பாறைகள், கனிமங்கள் ஆகியவற்றின் வயதை நிர்ணயிப்பதற்கு இம்முறை எளிதாகக் காணப்பட்ட போதிலும், அதன் நடைமுறைப் பிரயோகத்தில் பல்வேறு இடையூறுகளும் உள்ளன. மிகக் குறைந்த அளவிலுள்ள அணுக்களின் எண்ணிக்கையைக் கணக்கிடுவதிலுள்ள சிக்கலைப் பற்றிச் சொல்லவே வேண்டாம். இது தவிர, சுற்றுப்புறத்துடன் அதிகமாகக் கிரியை புரியாத கனிமப் பொருள் மாதிரி ஒன்றைத் தேர்ந்தெடுக்க வேண்டும். இத்துடன் வேறு கதிரியக்கத் தனிமமோ அல்லது அதன் சிதைவுப் பொருள்களோ சேர்ந்திருக்கக் கூடாது; இதிலிருந்து பிரிக்கப்பட்டும் இருக்கக் கூடாது. மேலும், இக்கனிமப் பொருள் உருவானபோது அதில் காரீயமோ, அல்லது வேறேதாவது சிதைவுப் பொருளோ அதன் துவக்க இயைபில் அடங்கியிருக்கவில்லை என்று தெளிவாகத் தெரிந்திருக்க வேண்டும்; அல்லது எந்த அளவுக்கு

அடங்கியிருந்தது என்பதைக் கருராய்க் கணக்கிட முடிவ தாயிருக்க வேண்டும்.

இதில் உள்ள சிக்கல்கள் பலவாயினும், இவற்றை நாம் நீக்கிவிடுவோமானல், கதிரியக்க முறையானது, வேறு கருதுகோள்களின் உதவியில்லாமலே சரியான வயதைத் தெரிவித்துவிடுகிறது. சமீப காலம் வரை, மிகமிகப் பழமையான கதிரியக்கக் கனிமங்களின் வயது, 200 கோடியிலிருந்து 250 கோடி ஆண்டுகளுக்கு உட்பட்டதாயிருக்குமென இம்முறையின் மூலம் கணக்கிடப்பட்டு நம்பப்பட்டு வந்தது. ஆனல் அண்மை ஆண்டுகளில் 300 கோடி ஆண்டுகளாய் இருந்து வரும் கனிமங்களும் கண்டுபிடிக்கப்பட்டுள்ளன.

நமது ஆராய்ச்சிக்கு உட்பட்ட காலத்தில், ஆராயும் பொருள் சுற்றுப்புறத்திலிருந்து தனிமைப்படுத்தப்படாமல், அதனுடன் நெருங்கிய கிரியை புரிந்து வந்ததாகும் என்பது தெரியும்போது, வயது நிர்ணயப் பிரச்சினை மிகவும் சிக்கலாகிவிடுகிறது. இந்தச் சந்தர்ப்பத்திலுங்கூட கதிரியக்கத் தனிமங்களையோ அல்லது அவற்றின் சிதைவுப் பொருள்களையோ ஆராய்வதானது வயதை நிர்ணயிக்க உதவுகிறது. ஆனல் இந்த நிர்ணயம் எந்த அளவுக்குப் பிழையற்றது, கருரானது என்பது ஆராயும் பொருளின் பரிணும வளர்ச்சி பற்றிய நமது உத்தேசக் கருத்து எந்த அளவுக்குப் பிழையற்றது, கருரானது என்பதையே பொறுத்துள்ளது.

1940-45ஆம் ஆண்டுகளில் பிரிட்டிஷ் புவியியலாளரான ஹோம்ஸ் [Holmes] பல்வேறு படிவுகளைச் சேர்ந்த காரீயத்தை ஆராய்ந்து, பூமியின் பொருளில் ஆதி காலம் முதலாக இருந்துவரும் ஈயத் தமனிகளின் அளவுகளையும்,

உரேனியம், தோரியம் இவற்றின் சிதைவாய்த் தோன்றிய வற்றின் அளவுகளையும் அளந்து, பூமியின் வயது 350 கோடி ஆண்டுகளாகுமென்று முடிவு செய்தார்.

ஹோம்ஸின் ஆராய்ச்சியை விமர்சனக் கண் கொண்டு பார்க்காததனுல், எந்தக் கருதுகோளுடனும் தொடர்பில்லாத அவருடைய மதிப்பீடு நம்பகமானதென ஏற்றுக் கொள்ளப்பட்டது. உண்மையில் அவர் பூமியின் மேலோட்டின் வயதை நிர்ணயித்தாரேயன்றி பூமியின் வயதையல்ல. இந்தக் கணக்கீட்டிலும்கூட அவர், சூரியனிடமிருந்து பிய்த்தெறியப்பட்ட சூடேறிய வாயுத் திரட்சியிலிருந்து பூமி உருவாகியது என்ற காலங்கடந்த கருத்தையே அடிப் படையாகக் கொண்டார். 15,000 ஆண்டுகள் கழிந்ததும் பூமி போதிய அளவு குளிர்ச்சியடைந்து, திட மேலோட்டைப் பெறலாயிற்று என்று அவர் கொண்டார். எனவே பூமியின் வயது உண்மையில் அதன் மேலோட்டின் வயதுக்குச் சமமானதே என்று அவர் கருதினுர்.

1951-52ல் பேரவை விஞ்ஞானி விஞெகிராதோவ், எல்லாப் புள்ளி விவரங்களையும் கவனமாக ஆராய்ந்தார். காரீயத்தைப் பற்றிய விவரங்களின் அடிப்படையில் மட்டும் புவி மேலோட்டின் வயதைக் கணக்கிடுவது சாத்தியமல்ல என்ற முடிவுக்கு வந்தார். இந்த மேலோட்டின் வயது 500 கோடி ஆண்டுக்கு மேல் இருக்காது என்று மட்டும்தான் கூறலாம் என்ருர்.

பூமி தனது மேலோட்டைவிட அதிக வயதுடையது என்பதில் ஐயமில்லை. ஆனுல் தற்பொழுதுள்ள கதிரியக்க முறையைக் கொண்டு அதன் வயதை நேரடியாகக் கணக்கிட முடியவில்லை. பூமியினுடைய பொருளின் வயதைத் தான் இதைக் கொண்டு தீர்மானிக்க முடியும். அதாவது,

சிதைந்த கதிரியக்க அணுக்களின் இடத்தில் புதிய கதிரியக்க அணுக்கள் உருவாதல் நின்றுவிட்ட நிலையை, தற்பொழுது பூமியாய் அமைந்துள்ள பொருள் அடைந்தபின் எவ்வளவு நூறு கோடி ஆண்டுகள் கடந்தன என்பதை மட்டும்தான் நாம் தீர்மானிக்க முடியும். இதைக் கீழ்க் கண்டவாறு செய்யலாம்:

யுரேனிய அணுக்களில் இரண்டு தமனிகள் உள்ளன. ஒன்றின் அணு எடை 235, மற்ருென்றின் அணு எடை 238. யுரேனியம்-235, யுரேனியம்-238ஐவிட மிக விரைவில் சிதைகிறது. இதனுல்தான் தற்பொழுது அது பூமியில் 139 மடங்கு குறைவாக உள்ளது. யுரேனியம் தோன்றிய பொழுது, இவ்விரு தமனிகளின் அணுக்களும் சுமாராய்ச் சம அளவில் இருந்தன என்று தத்துவார்த்த பௌதிகவியல் நமக்குத் தெரியப்படுத்துகிறது. இவ்வாறு இருப்பின் யுரேனியம்-235 யுரேனியம்—238ஐவிட 139 மடங்கு குறைந்துவிடுவதற்கு எவ்வளவு காலம் பிடிக்கும் என்பதை (இவ்விரு தமனிகளின் சிதைவு வேகங்கள் நமக்குத் தெரியுமாதலால்) நாம் எளிதில் கணக்கிட்டுவிடலாம். இந்தக் கணக்கீடு, யுரேனியத்தின் வயதும், பொதுவாக பூமிப் பொருளின் வயதும், 500 கோடி ஆண்டிலிருந்து 700 கோடி ஆண்டுக்கு இடைப்பட்டதாகும் என்பதை நிரூபிக்கிறது.

1946ல், ஷ்மித் தம்முடைய விண்கோளியல் தத்துவத்தின் அடிப்படையில், பூமியின் வயதைச் சுமாராகத் தீர்மானித்தார். சுற்றிலுமுள்ள அண்டவெளியிலிருந்து பொருள் சேர்வதன் மூலம் பூமியின் நிறை அதிகமாகும் வேகத்தை அவர் பரிசோதித்தார். இவ்விதத்தில் அது தற்போதைய நிறையை அடைய, கதிரியக்க முறையில்

கண்டுபிடிக்கப்பட்ட காலமான பல நூறு கோடி ஆண்டுக் காலம் போதுமானது என்று கண்டார்.

முதலில், படலத்தில் நிறைய துகள்கள் இருந்தபோது கிரகங்கள் பரிமாணத்தில் வெகுவாக அதிகரித்தன. ஆனல் துகள்களின் அளவு குறையக் குறைய, கிரகங்களின் பரிமாண அதிகரிப்பு வேகமும் தொடர்ந்து குறைந்தது. இவ்வாருக, தற்காலத்தில் கிரகங்களின் நிறைகள் கூடுவது மிக மிகச் சொற்பமாகிவிட்டது. விண்கற்கள், விண்கல் பொருளாலான சின்னஞ்சிறு கோளங்கள் ஆகிய கிரக இடை மண்டலப் பொருள் பூமியின் மீது தொடர்ந்து விழ்ந்து கொண்டிருக்கிறது என்பது உண்மையே. இப்பொருள் வளிமண்டலத்தின் மேல் அடுக்குகளில் சிதைந்து ஆவியாகிறது. 24 மணி நேரத்தில் பூமியின் மீது நூற்றுக் கணக்கான டன்கள்—ஏன், ஆயிரக் கணக்கான டன்களும் இருக்கலாம்—விண்கற் பொருள் விழுகிறது. ஆனல் பூமியின் பரிமாணத்துடனும் நிறையுடனும் ஒப்பிடும் பொழுது இந்த அளவு முற்றிலும் உதாசீனம் செய்யத் தக்க அளவுக்குச் சொற்பமானதே. பூமியானது ஒரு மில்லி மீட்டர் கனத்திற்கு விண்கல் துகள்களால் மூடப்படுவதற்குப் பல பத்துலட்சக் கணக்கான ஆண்டுகள் பிடிக்கும்.

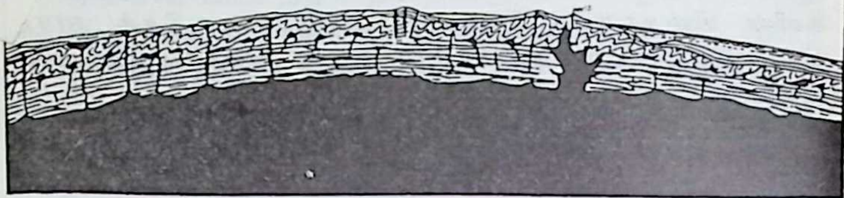
ஆதிமூலக் கிரகப் படலத்தில் பூமியின் பகுதி முழுவதிலும் ஆரம்பத்தில் விரவிப் பரவியிருந்த திடப் பொருளிலிருந்துதான் பூமியின் மிகப் பெரும் பகுதி நிறை உருவாயிற்று. இப்பகுதியின் பொருள் நீண்ட காலத்திற்கு முன்பே பூமியின் பகுதியாக மாறிவிட்டது. இதன் மீதமிச்சம் பாய்ன்டிங்-ராபர்ட்சன் விளைவின் காரணமாய், சூரியனில் விழுந்துவிட்டது. தற்பொழுது பூமியின் மீது விழும் விண்கல் பொருள் சூரியனிடமிருந்து வெகு தொலைவிலிருந்து

வருகிறது. முன்பு கூறப்பட்டதுபோல், விண்கற்கள் நுண் கிரக மண்டலத்திலிருந்து வருகின்றன; விண்கற் பொருளா லான பெரும்பாலான சிறிய துகள்கள், வால்நட்சத்திரங் களின் சிதைவால் தோன்றி இன்னும் அதிகத் தூரத் திலிருந்து, அதாவது பிரம்மாண்டக் கிரகங்களின் மண் டலத்திலிருந்து வருபவை.

கனிமங்களின் வயது, பூமியினுடைய மேலோட்டின் வயது, பூமிப் பொருளின் வயது ஆகியவை பற்றிய விவரங்கள் எல்லாம் ஒன்றுக்கொன்று இசைவாய் இருக் கின்றன. ஷ்மித்தின் விண்கோளியல் தத்துவத்துடன் இவ் விவரங்களையும் சேர்த்தால், பூமியின் பரிணும வளர்ச்சி பற்றிய கீழ்க்கண்ட சித்திரம் நமக்குக் கிடைக்கிறது.

இப்பொழுது பூமிப் பொருளாய் அமைந்திருப்பது, ஏறத்தாழ 600 கோடி ஆண்டுகளுக்கு முன்பு, கதிரியக்கத் தனிமங்களின் அணுக் கருக்கள் உருவாவதற்குச் சாதக மான நிலையில் இருந்தது. பிற்பாடு சில பத்து கோடி ஆண் டுகளுக்குள், இந்தப் பொருள் இன்னும் முற்றிலும் ஆராய்ந் தறியாத பல வளர்ச்சிக் கட்டங்களைக் கடந்து, சூரியனைச் சுற்றிலும் பிரம்மாண்ட பரப்புள்ள வாயு-தூசுப் படலத் தைத் தோற்றுவித்தது. இப்படலம் ஒப்பளவில் குறுகிய காலத்தில், ஒரு சில பெருங் கோள்களாய்—நமது பூமி அடங்கலான கிரகங்களாய்—மாறிவிட்டது.

கதிரியக்கத் தனிமங்களது சிதைவினல் வெப்பம் வெளியிடப்பட்டது. சிறிய துகள்களிலிருந்து வெப்பம் அண்டவெளியினுள் சென்று கலந்தது. ஆனல் துகள்கள் பூமி போன்ற பெரிய கோளமாக உருப்பெற்றபோது, இந்த வெப்பம் இக்கோளத்தின் உட்பகுதியில் சேகரிக்கப்



படம் 22. பூமியின் மேலோட்டினுடைய குறுக்கு வெட்டுத் தோற்றம்

படலாயிற்று. உட்பகுதிப் பொருளில் ஒரு பகுதி 300-400 கோடி ஆண்டுகளுக்கு முன்பு உருக ஆரம்பித்தது.

உருகிய பொருளில் எடை குறைவானது, பூமியின் மேற்பரப்பிற்குப் படிப்படியாகக் கொண்டு வரப்பட்டது, காலப்போக்கில் இது பல்வகைப் பாறைகளும், கனிமங்களும் அடங்கிய பூமியின் மேலோடாக அமைந்தது. இந்த மேலோடு எப்பொழுதும் மாறிக் கொண்டே இருக்கிறது. இதன் மேல் அடுக்குகள் நீரால் அடித்துச் செல்லப்படுகின்றன. இவை மறுபடியும், கடல்களின் அடித்தளத்தில் படிகின்றன. இவ்வாறு படியும் அடுக்குகள் உடைந்து மடிப்புகளை உருவாக்குகின்றன. பூமியின் ஆழ்மட்டப் பொருளிலிருந்து புதுப் புதுப் பிரிவுகள் எப்பொழுதும் மேற்பரப்பிற்கு வந்து கொண்டே இருக்கின்றன (படம் 22). இருப்பினும் 300 கோடி ஆண்டுகளுக்கு முற்பட்ட புராதனக் கனிமங்கள் சிலவற்றைப் புவியியலாளர்கள் கண்டுபிடித்துள்ளனர். இவை பிந்திய புவியியல் நிகழ்ச்சிப்

போக்குகளில் குறிப்பிடத்தக்க மாறுதல் எதையும் அடையவில்லை.

பூமியின் பரிணும வளர்ச்சியில் தற்போதைய கட்டத்தை அதன் முதிர்ச்சிக் கட்டம் என்று கூறலாம். பூமியின் அடியாழங்கள் படிப்படியாகக் குளிர்ச்சியடைவதனுல், அதனுள் நடைபெறும் இயக்கங்கள் இன்னும் ஒரு சில நூறு கோடி ஆண்டுகளில் மந்தமடைந்து மறைய நேரிடும்.

பூமி அடையக்கூடிய வயதைப்பற்றி விஞ்ஞானிகளுக்கு இதுவரை தெரியவில்லை. தற்பொழுது விஞ்ஞானிகள் பழங்காலத்தைப்பற்றிய ஆராய்ச்சியிலேதான் பிரதானமாய் முனைந்துள்ளார்கள்; ஏனெனில் பூமியின் தற்போதைய நிலையை அறிந்துகொள்வதற்கு இவ்வாராய்ச்சி இன்றியமையாதது.

முடிவுரை

தானியங்கிக் கிரக மண்டல நிலையங்களையும் விண்வெளி வீரர்களைக் கொண்ட விண்வெளிக் கப்பல்களையும் அனுப்புவதில் கிடைத்திருக்கும் வெற்றிகள், சந்திரனையும் செவ்வாயையும் பூமிக்கு அருகாமையில் அமைந்த பிற கோள்களையும் பற்றி நமது பூமியிலிருந்தே ஏற்கனவே நாம் கண்டறிந்துள்ள விவரங்களை அன்னியில், கூடுதலாய்ப் புதிய விவரங்கள் பலவும் நமக்குத் தெரிய வந்துள்ளன. இந்தப் புதிய விவரங்களை இந்நிலையங்களும் கப்பல்களும் இந்தக் கோள்களுக்கு அருகாமையிலிருந்தோ, அல்லது இவற்றின் மேற்பரப்பிலிருந்தோ நமக்குத் தெரிவித்தன. மனித வரலாற்றிலே முதன்முதலாய் சந்திரனில் தரையிறங்கிய சோவியத் தானியங்கி நிலையங்கள் அதன் மேற்

பு பற்றிய விவரங்களை அனுப்பி வைத்தன. சோவியத் ஈடவெளி ஆராய்ச்சி நிலையங்கள் பாரச்சூட்டுகளின் ணை கொண்டு வெள்ளிக் கிரகத்தின் வளிமண்டலத்தில் மிருதுவாய்ப் புகுந்து அதன் இயைபைப் பற்றிய விவரங் களைத் தெரிவித்தன. அமெரிக்க ''மரீனர்'' ஆராய்ச்சி நிலையங்கள் செவ்வாயின் அருகே சென்று அதன் மேற்பரப் பைப் புகைப்படம் பிடித்து அனுப்பின. சந்திரப் பயணக் கப்பலான ''அப்பொலோ—11'' இன் வீரமிக்க குழுவினர் சந்திரனில் இறங்கினர். இந்தக் கோள்களையும் புற வெளியையும் பற்றிய நமது அறிவை இவ்விவரங்கள் செழுமை செய்திருக்கின்றன.

சூரிய மண்டலம் எப்படி தோன்றியது என்பது பற்றிய முழு விவரத்தையும் அறிந்து கொள்ள இன்னும் எவ் வளவோ வேலை செய்ய வேண்டியிருக்கிறது.

சில பிரச்சினைகள் இன்னும் பரிசோதிக்கப்படவே இல்லை. மற்றும் சில இது வரை செய்யப்பட்டதைக் காட்டிலும் மேலும் விரிவாக ஆராயப்பட வேண்டும்.

வெள்ளியின் வளிமண்டலம் பூமியினுடையதை விட மிக அதிக அடர்த்தியுடையாதாய் இருப்பது ஏன்? அதில் இவ்வளவு அதிகமாய்க் கரியமிலவாயு இருக்கக் காரணம் என்ன? செவ்வாயின் இரு சிறிய துணைக்கோள் கள் எப்படி தோன்றின? பெரும்பாலான விண்கற்களின் பகுதிப் பொருளாயுள்ள சிறு கோளங்களான கோண்ட்ரூல் கள் எப்படித் தோன்றின?

இதுபோன்ற ஏராளமான கேள்விகளுக்கு விடை காண வேண்டியிருக்கிறது. ஏற்கனவே இவற்றுக்குக் கிடைத் திருக்கும் விடை பொதுப்படையாகவோ, உத்தேசமான தாகவோ தான் இருக்கிறது.

சிறு கோளங்களான வால்நட்சத்திரங்கள், நுண் கிரகங்கள், விண்கற்கள் ஆகியவைபற்றி ஆராயவேண்டும். கிரகங்களும் துணைக்கோள்களும் உருவான நிகழ்ச்சிப் போக்கை மேலும் ஆராய வேண்டும். மேற்கூறிய ஆராய்ச்சி களுடன் சூரியனின் தோற்றத்தையும் பரிணாம வளர்ச்சி யையும் பற்றிய ஆராய்ச்சியை மேலும் நுணுக்கமாகப் பிணைக்க வேண்டும். கடைசியாகச் சூரிய மண்டலத்தைச் சேர்ந்த கோள்களின் கட்டமைப்பு பற்றிய உண்மை விவரங்களைத் தொடர்ந்து சேகரிக்க வேண்டும். இவை ஷ்மித்தின் தத்துவத்தை மேலும் வளர்ச்சி பெறச் செய் யும்; அதன் கூறுகள் சிலவற்றைச் சரி செய்து அவற்றை மேலும் ஒழுங்கு செய்யும். ஆனால் கிரகங்கள் உருவானது பற்றிய முக்கிய இயல்புகள் விஞ்ஞானத்தால் ஏற்கெனவே தெளிவுபடுத்திப்பட்டுள்ளன. இவற்றை மேலும் தெளிவும் விளக்கமும் பெறச் செய்வதற்கான பாதை செப்பனிடப் பட்டுவிட்டது.

சோவியத் வானியலாளர்கள், சூரிய மண்டலத்தின் தோற்றம் பற்றிய ஆராய்ச்சியோடு மட்டும் நின்றுவிட வில்லை. அவர்கள் நட்சத்திரங்கள், நட்சத்திரக் கணங் கள், முகிற்படலங்கள் ஆகியவற்றின் தோற்றம் பற்றிய பிரச்சினைகளையும் ஆராய்கிறார்கள்.

பல்வேறு வகையான விண்கோள்களின் வளர்ச்சி பற்றிய பிரச்சினைகள் எல்லாம் ஒன்றுடன் ஒன்று பின்னிக் கிடக்கின்றன. ஏனெனில், இவை பேரண்டத்தின் பொருள் அனைத்தின் ஓயாத இயக்கத்தாலான சங்கிலியின் கண்ணி கள் ஆகும். இச்சங்கிலியில் சில கண்ணிகளே ஆராயப்பட் டுள்ளன. ஆனால் நடந்தேற வேண்டிய வேலைகள் நிறைய இருக்கின்றன. பல்வேறு இரசாயனத் தனிமங்களின்

அணுக்களுடைய தோற்றம் இன்னும் தெளிவற்ற தாகவே இருக்கிறது. முக்கியமாக, பூமியில் தொடர்ந்து சிதைகின்றனவேயன்றி திரும்பவும் தோன்றிடாத கதிரியக்கத் தனிமங்களது அணுக்கள் எப்படி உருவாயின என்பது விளங்கவில்லை. சூரிய மண்டலத்தின் தோற்றம்பற்றி வெற்றிகரமாக ஆராயும் வானியலாளர்கள், கீழ்க்கண்ட கேள்விகளுக்கு விடை அளிக்க இன்னமும் முடியவில்லை. சூரியன், கிரகங்கள் ஆகியவற்றின் நிலை, இன்னும் பல நூறு கோடி ஆண்டுகளுக்குப் பிறகு எப்படி இருக்கும்? அவற்றின் பொருளில் என்ன மாறுதல்கள் ஏற்படும்? இப்பொருள் பேரண்டத்தில் பொருள் இயக்கச் சங்கிலியில் எப்படி திரும்பவும் சேரப் போகிறது?

விஞ்ஞானிகள் இந்த விவகாரங்கள் குறித்து கவனியாதிருக்கவில்லை. ஆனுல் ஒரே நேரத்தில் பேரண்டத்துக்குரிய நிகழ்வுகளின் சிக்கல்கள் முழுவதையும் ஆராய முடியாது. மேற்கொண்டு நடைபெறும் ஆராய்ச்சிகள் மூலமாக, பூமி, கிரகங்கள், ஏனைய விண்கோள்களின் தோற்றம், பரிணும வளர்ச்சி பற்றி முழுமையான, மேலும் பிழையற்றதான கருத்தோட்டம் கிடைக்கும் என்பதில் ஐயமில்லை.

வாசக நேயர்களுக்கு

இந்தப் புத்தகத்தையும் இதன் தயாரிப்பையும் பற்றிய தங்கள் கருத்தையும், அடுத்துவரும் வெளியீடுகள் சம்பந்தமாய்த் தங்கள் யோசனைகளையும் முன்னேற்றப் பதிப்பகம் மகிழ்வுடன் வரவேற்கும்.

கடிதங்களைத் தயை செய்து "Progress Publishers, 21, Zubovsky Boulevard, Moscow, USSR" என்ற முகவரிக்கு அனுப்புங்கள்.

விற்பனையாளர்கள்

நியூ செஞ்சுரி புக் ஹவுஸ் பிரைவேட் லிமிடெட்

தலைமை அலுவலகம்

6, நல்லதம்பி செட்டித் தெரு, சென்னை-2

ஷோ-ரூம்

6/30, மவுண்ட் ரோடு, சென்னை-2

கிளைகள்

80, மேலக் கோபுர வீதி, மதுரை-1

87/89, ஒப்பனக்கார வீதி, கோயம்புத்தூர்-1

சிங்காரத் தோப்பு, திருச்சிராப்பள்ளி-8

பஸ் நிலையம், தஞ்சாவூர்